



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE BAJA CALIFORNIA**
FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS



**“PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE LA SARDINILLA PENINSULAR
(*FUNDULUS LIMA*) EN LOS OASIS DE LA CUENCA DEL RÍO SAN IGNACIO,
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”**

TESIS

Que para obtener el grado

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

IVÁN ALEJANDRO MEZA MATTY

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

"PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE LA SARDINILLA PENINSULAR
(*FUNDULUS LIMA*) EN LOS OASIS DE LA CUENCA DEL RÍO SAN IGNACIO,
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

IVÁN ALEJANDRO MEZA MATTY

Aprobado por



Dr. Gorgonio Ruiz Campos
Director de tesis



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera
Sinodal



M.C. Patricia Margarita Aceves Calderón
Sinodal



Dr. Guillermo Romero Figueroa
Sinodal

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO DE 2017

Resumen

Se generó una propuesta de plan de manejo para el pez sardinilla peninsular (*Fundulus lima*) en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. Esta especie endémica sudcaliforniana ha sido catalogada en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana 059-2010 debido a su declive poblacional por competencia con peces exóticos, especialmente del cíclido etiópico *Tilapia* cf. *zillii*. La presente propuesta de manejo está basada en la metodología del modelo FPEIR (fuerza motriz, presión, estado, impacto y respuesta), cuyos elementos están relacionados entre sí como una cadena de conexiones. Para determinar el estado actual del sistema se utilizó el resultado de la suma de indicadores de ecología de paisaje (CAP y PN) y la abundancia relativa del pez endémico obtenida en los diferentes hábitats, donde se encontró una mayor dominancia del primer cuartil. Las fuerzas motrices se obtuvieron mediante un análisis documental. Para las presiones e impactos se aplicaron cuestionarios a los pobladores locales, además del análisis de amenazas, análisis de riesgo de cada especie íctica exótica, y las métricas PROX y ENN para medir la fragmentación y el grado de conexión entre los oasis estudiados. El principal impacto identificado fue la competencia de la especie endémica *Fundulus lima* con especies exóticas, especialmente con *Tilapia* cf. *zillii*, la cual obtuvo el mayor grado de invasividad de las especies exóticas identificadas en la zona de estudio con un puntuación de 36, catalogándola como de alto riesgo según la herramienta FISK, seguido por el impacto de pérdida de biodiversidad y deterioro de los oasis, como consecuencia de no tener zonas delimitadas de conservación para los hábitats del pez endémico. Durante el muestreo de marzo de 2017 se capturó en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, dos especímenes de la especie íctica *Gambusia affinis*, catalogada dentro de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en la localidad “Manantial”, confirmando con ello, la presencia de dicha especie en dicha localidad, la cual en el año 2015, fue capturada por primera vez, representando otra posible amenaza contra el pez endémico *Fundulus lima*.

Las propuestas de manejo fueron la sumatoria de indicadores de Fuerza Motriz+Presión+Impacto+Estado. Estos indicadores ayudaron a identificar los sitios que deberán ser protegidos y conservados y también aquellos que requieren mejorar su calidad, por lo que las propuestas se basaron en resolver o minimizar los impactos a nivel unidad. Finalmente, a nivel de sistema, se realizó un análisis FODA para completar la protección de la especie y sus hábitats.

Palabras clave: Manejo, conservación, *Fundulus lima*, *Tilapia cf. zillii*, *Gambusia affinis*, UICN, oasis de la cuenca del Río San Ignacio, endémico, introducción, invasor, exótico, impacto, modelo FPEIR.

Dedicatoria

A Dios, por estar siempre conmigo, darme la oportunidad de llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorar la vida cada día.

A mi madre Carolina, por su amor, apoyo incondicional y ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

A mi padre Juan, por tenerlo nuevamente dentro de mi vida, después de años bastante difíciles sin saber nada de él, y que a pesar de todo, hemos vuelto a reencontrarnos y llevarnos mucho mejor que antes.

A mis hermanas Carolina y Karina, que con su amor y apoyo brindado he logrado levantarme de momentos difíciles en la vida en especial los últimos 7 años.

A mi familia, por su apoyo y cariño.

A mis amigos, por su cariño y haber tenido buenos y malos momentos, donde obtuvimos grandes experiencias y enseñanzas.

A mis profesores, por su apoyo, amistad, tiempo dedicado y transmitirme toda esa sabiduría en el desarrollo de mi formación profesional.

Agradecimientos

A Dios, por estar siempre a mi lado, esta vez acompañándome durante el transcurso de la maestría, brindándome la fortaleza en momentos de debilidad y por darme una vida de llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mi madre Carolina, la persona más importante de mi vida, por el amor que me ha dado cada día, el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me ha brindado, tener la fortaleza de salir adelante sin importar lo ocurrido, haberme formado como un hombre de bien y ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a vivirla.

A mi padre Juan, por su cariño y amor, en especial recalcar este periodo de mi vida, ya que después de no llevar una buena relación, y dentro de todo lo malo que ha pasado, y no saber uno del otro durante algunos años, nos hemos vuelto a reencontrar y, hoy en día, después de haber discutido nuestras grandes diferencias, tenemos la mejor relación desde que abrí por primera vez los ojos. Y como factor de suma importancia para solventar y sobrevivir en los diferentes lugares donde he estado, el haberme inculcado el hábito del ahorro y saber cómo administrar mis recursos de la mejor manera.

A mis hermanitas Karina y Carolina, que gracias a su amor me han enseñado a salir adelante. Gracias por su paciencia y preocuparse por su hermano mayor, gracias por compartir sus vidas, pero sobre todo, gracias por estar en otro momento tan importante de mi vida.

A mi director de tesis y amigo, Dr. Gorgonio Ruíz Campos, por ser una excelente persona. Le agradezco por darme la oportunidad de realizar este proyecto, su amistad, su apoyo incondicional, comentarios, consejos y demás. Por el tiempo de dedicación que tuvo en mí. Por invitarme en cada una de las salidas de campo, ya fueran del proyecto o no, inolvidables experiencias vividas, reafirmando que sin duda es lo que más me gusta en la vida. Por su apoyo económico durante todo este tiempo, comida, material, y demás cosas para el proyecto o fuera del proyecto y todas esas charlas entretenidas e interesantes que tuvimos dentro o

fuera de la escuela, compartiendo con gusto temas sobre los peces, futbol, entre muchísimas otras cosas. Gracias por haber sido mi asesor y maestro en esta etapa de mi vida, me siento muy afortunado de haber conocido una persona tan admirable como usted, sin lugar a dudas lo considero como un gran amigo y espero no sea la última vez en la que pueda colaborar con usted.

A la Dra. Claudia Leyva, por ser una persona tan alegre, responsable y buena profesora. Gracias por su amistad, por ayudarme en buena parte de la tesis, instruirme y despejarme tantas dudas que tenía durante la realización de algunos temas, estando yo ahí casi todos los días afuera de su cubículo, en especial, durante el cuarto semestre, pidiendo su ayuda, y usted mostrándome siempre una sonrisa, aunque fuera la hora de su comida, en verdad un fuerte abrazo y gracias nuevamente.

A la Mtra. Patricia Aceves, por su linda amistad, amabilidad y haberme ayudado en la parte social de mi tesis, su conocimiento brindado durante dicho trabajo, sin duda fue de gran ayuda para la realización del mismo, ya que la parte que menos conocía o que menos había explorado durante mi desarrollo profesional había sido la parte social, un fuerte abrazo.

Al Dr. Guillermo Romero, por su valiosa aportación en este trabajo, sus conocimientos brindados durante esta etapa, ya fuera durante las clases impartidas o fuera de estas, haber tenido una de las mejores salidas de campo con usted durante el segundo semestre, siendo usted siempre una persona sería y disciplinada con muy buena disposición.

Al Dr. Faustino Camarena, por apoyarme con su valiosa ayuda física y moral en el último muestreo, así mismo, por tomar evidencias de las actividades realizadas mediante el uso de la fotografía, las cuales fueron de gran ayuda para mostrar los pasos que se efectuaron durante este trabajo. Una persona muy alegre e inteligente, un placer Doc.

Al Dr. Aldo Guevara, por ser un gran amigo, dentro de la escuela, de las canchas de futbol o fuera de éstas, siempre con interesantes pláticas sobre la ciencia, entretenimiento, o lo que fuera.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo en toda esta etapa, durante 24 meses recibiendo una ayuda económica, con la cual he podido solventar mis gastos y ha sido esencial desde el comienzo hasta el final de mi maestría, agradecido infinitamente por haber confiado en mí y darme la oportunidad de poder estudiar un posgrado.

A la Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, ubicada en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, orgullosamente cimarrón, en verdad gracias por haberme elegido dentro de las catorce personas que conforman esta generación 2015-2017, haber confiado en que sería un buen integrante de esta maestría, la cual me abrió bastante la mente, y me dio la oportunidad de conocer nuevos gustos que no sabía que tenía, ese enfoque transdisciplinario que tiene, sumamente interesante y necesario en nuestras vidas, ya que se necesita saber la opinión de cada uno de nosotros, ya sea teniendo o no una profesión relacionada al medio ambiente.

A mi tío Miguel, por ser una excelente persona, con su fuerte carácter, pero siempre tan atento y desprendido con mi persona, considerándolo más que un tío, gracias por apoyarme durante esta etapa de mi vida.

A mi tío Beto, por ser alguien tan especial para mí, desde que tengo memoria, estando ahí, siempre dando bondad y cariño, recordando que en esta etapa de mi vida también me apoyaste cuando lo necesité y siempre estando en comunicación aún estando lejos, bendiciones y buena vibra para usted por siempre.

A mi padrino Rodolfo, por ser una persona a la que admiro tanto, tan inteligente y con un corazón tan grande, como dice el dicho “las apariencias engañan”, que mejor ejemplo, viéndolo a simple vista, aparentando una persona ruda y enojona, siendo esto una gran mentira, te quiero padrino, gracias por apoyarme en esta etapa de mi vida.

A mis tíos Carlos y Martha, por haber tenido la oportunidad de conocerlos en esta etapa, mostrando que son unas personas increíbles, muy alegres y dadivosas, gracias por darme la confianza de abrirme su casa sin conocerme, los quiero.

A mi amigo Sergio Celaya, por su valiosa ayuda durante el último muestreo realizado en este trabajo, siempre con tan buena disposición y siempre apoyando en lo que se necesitara, así mismo varias fotografías tomadas por ti sirvieron para ilustrar este trabajo, y con ellas poder explicar varios puntos importantes en el mismo, un cordial saludo mi estimado.

A mi amigo Ulises Mancilla, por ser el karnal mas llevadón, tu manera de ser tan chévere, sencillo y sin duda mi mejor amigo que conocí durante la maestría, tantos momentos juntos, buenos y malos, aprendiendo grandes enseñanzas, me llevo de ti una gran amistad y recordando tu manera de ser y tus frases, sin duda el más “pirul” de todos, un abrazo y espero esta amistad dure para toda la vida, te quiero brother.

A mi amigo Pedro, sonoreense de corazón igual que yo, por todas esas aventuras vividas, retitas de fifa, chetines, botanita, metropizza, pizza estela, salidas y demás cosas que hicimos juntos, gracias por haberme abierto la puerta de tu casa allá en Hermosillo, sin duda otra de mis grandes amistades que obtuve durante este posgrado, muy inteligente, espero te llegue una vida llena de éxitos brother, un abrazo.

A mi amigo Jhovany, por ser una persona con grandes valores, muy alegre y carrilludo, pero siempre actuando de buena fe, recordando que cuando necesite de tu ayuda me la diste sin pensarlo, algo que no se olvida, y en que en cualquier momento mi casa estará abierta para ti, gracias y éxito bro.

A mi amigo Arturo, un año de conocerlo a usted mi estimadísimo brother, tan aliviado y buena onda, al cual si lo invitaba a algún lado siempre jalaba, así mismo como olvidar, esas agradables tardes bohemias, cantando unas rolitas de Ariel Camacho, entre otras, tocando tú la guitarra y yo cantando, o aquellas retas de futbol, una gran persona, cuídate y éxito en este último año de posgrado.

A mi amigo Miguel, sin duda una de mis amistades más preciadas, tu forma de ser tan característica, tan bondadoso, con grandes enseñanzas y consejos por parte tuya, sin lugar a dudas el compañero más inteligente que conocí durante esta etapa, eres grande brother, te esperan tantas cosas buenas, tan emprendedor, con tan buenas ideas, personas como tú, son las que necesita el país para crecer, sigue así, un cálido abrazo mi estimado.

A los señores Mariana y su esposo, dueños del cuarto que renté durante mi último semestre, gracias por su apoyo moral y comida tan rica hecha en casa que me brindaban, en verdad dios los bendiga.

A todos mis queridos profesores de esta bella universidad, Gorgonio, Guillermo, Claudia, Patricia, Ileana, Evarista, Ricardo y Aldo, que gracias a sus conocimientos brindados me han dado las bases para emprender el camino profesional en un futuro próximo.

A todos mis amigos y compañeros de la maestría, Ulises Mancilla, Pedro, Arturo, Miguel, Jhovany, Edmundo, Luis, Enrique, Ulises Luna, Isabel, Andrea, Alejandra, Mariana, Kathleen, Diana, Oswaldo y Minerva, por las buenas y malas experiencias que vivimos juntos y que con ellas, aprendimos nuevas cosas en la vida.

A todos mis amigos de la Ciudad de Ensenada, en especial, equipo de futbol Shaolin, Jesús, Tocayo Iván, Alex, Sonia, Misael y Denisse, que hicieron de esta estancia en esta bella ciudad, algo acogedor y lindo, en especial todos esos partidos de futbol en liga y retas en la escuela, experiencias inolvidables y haciendo lo que más me gusta, acompañado de excelentes personas.

A mis sinodales, infinitamente gracias por darme el tiempo dedicado para ayudarme con sus valiosísimos conocimientos en cada momento requerido, desde el inicio hasta el final de este trabajo, la excelente retroalimentación y correcciones que me ayudaron a elaborar esta tesis.

Gracias a todos, los quiero.

Índice

Hoja de firmas	I
Resumen	II
Dedicatoria	IV
Agradecimientos.....	V
Índice.....	X
Índice de Figuras.....	XIV
Índice de Tablas.....	XVIII
Índice de Gráficas	XX
I. Introducción	1
1. Objeto de estudio	3
1.1 Descripción del objeto de estudio	3
1.2 Pregunta de investigación.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Limitaciones y supuestos	4
1.5 Objetivos de investigación.....	5
1.5.1 Objetivo general:.....	5
1.5.2 Objetivos específicos:	5
2. Antecedentes	6
2.1 <i>Fundulus lima</i>	6
2.1.1 Descripción	6
2.1.2 Distribución	8
2.1.3 Abundancia	9
2.1.4 Hábitat y ecología	9
	X

2.1.5 Reproducción.....	11
2.1.6 Edad, relación peso-longitud y factor de condición somática (Kr).....	11
2.1.7 Estatus de protección	12
2.2 Aspectos sociales de San Ignacio.....	13
2.2.1 Históricos	13
2.2.2 Socioeconómicos.....	14
2.2.3 Población	14
2.3 Impacto ambiental.....	17
3. Marco conceptual	20
3.1 Fundamentos de Ecología del Paisaje.....	20
3.1.1 Conectividad	22
3.1.2 Fragmentación.....	23
3.1.3 Heterogeneidad	23
3.1.4 El concepto Metapoblación.....	24
3.1.5 Métricas del paisaje	26
4. Área de estudio	29
5. Metodología.....	33
5.1 Estado.....	33
5.1.1 Ecología poblacional.....	34
5.1.2 Evaluación del patrón de paisaje	38
5.2 Indicadores de estado.....	39
5.3 Fuerzas Motrices, Presión e Impacto.....	41
5.3.1 Análisis documental	41
5.3.2 Cuestionarios.....	42
5.3.3 Método “La planificación para conservación de los sitios”	44

5.3.4 Análisis de riesgo (FISK)	46
5.4 Indicadores de Fuerzas Motrices, Presión e Impacto	47
5.5 Respuesta	48
6. Resultados.....	50
Parámetros fisicoquímicos	50
Abundancia relativa y estructura poblacional	52
Tipos de hábitats.....	72
Distribución espacial	79
Patrón del paisaje	82
Análisis del conocimiento de la población sobre la especie endémica y especies exóticas.....	92
Cuestionarios.....	92
Análisis de amenazas	100
Análisis de riesgo de especies exóticas.....	104
Propuesta de manejo	105
7. Discusión.....	120
8. Conclusiones.....	136
9. BIBLIOGRAFIA	141
10. ANEXOS	155
ANEXO I. Aspectos ecológicos.....	155
<i>1.1 (Breve descripción de especies ícticas exóticas registradas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio)</i>	<i>155</i>
<i>1.2 (Abundancia histórica (2002-2017) de Fundulus lima en las localidades estudiadas.</i>	<i>172</i>
<i>1.3 (Tipo y proporción de área por hábitat en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio).....</i>	<i>173</i>

<i>I.4 (Breve descripción de las localidades estudiadas)</i>	177
ANEXO II. Aspectos sociales.....	189
<i>II.1 (Cuestionario)</i>	189
<i>II.2 (Catálogo de imágenes para identificación de especies ícticas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio)</i>	194
<i>II. 3 Gráficas sobre los resultados de los entrevistados</i>	197
ANEXO III. Material de apoyo para elaboración de plan de manejo	199
<i>III.1 Modelo FPEIR de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio</i>	199
<i>III.2 Análisis de fuerzas motrices, presiones e impactos potenciales en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio</i>	202

Índice de Figuras

Figura 1. Sardinilla peninsular, <i>Fundulus lima</i>	7
Figura 2. Localización de sitios de muestreo de <i>Fundulus lima</i> (1-9) en el Río San Ignacio y Río de La Purísima, Baja California Sur, México.	8
Figura 3. Esquema de marco de referencia FPEIR.	19
Figura 4. Elementos del paisaje basados en Forman y Gordon (1981).	21
Figura 5. Estructuras metapoblacionales: a) Clásica de Levins, b) Isla – Continente y Fuente – Sumidero, c) Parchada, y d) Desequilibrio. Las flechas representan el desplazamiento poblacional, los círculos claros representan parches disponibles y los círculos oscuros las poblaciones locales.	25
Figura 6. Área de estudio: Oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México	30
Figura 7. A) Imagen infrarroja satelital del Huracán “Marty” del 22 de septiembre de 2003 donde alcanzó su máxima intensidad (Huracán fase II en la escala de intensidad Saffir-Simpson) (SMN, 2003). B) Efectos de los fuertes flujos en el oasis de San Ignacio (puente de acceso) por el Huracán “Marty” el 22 de Septiembre de 2003.	31
Figura 8. Ruta de desplazamiento del 18 al 24 de septiembre del Huracán Marty (SMN, 2003).	32
Figura 9. Sitios de muestreo en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. (A) “El Tizón”, (B) “Manantial”, (C) “Poza Larga”, (D) “Los Corralitos” (E) “Los Pinos” y (F) “San Sabas”	35
Figura 10. Artes de captura pasiva (A-C) y activa (D y E) que se utilizaron durante el muestreo ictiológico, en los distintos sitios de recolecta en la cuenca del Río San Ignacio, Baja California sur, México.	36
Figura 11. Paso por paso en el manejo de un espécimen de <i>Fundulus lima</i> capturado con una trampa tipo “minnow” en la localidad “Los Corralitos”	37
Figura 12. Imagen mostrada al entrevistado de la localidad de San Ignacio para indicar en qué zona vivía.....	44

Figura 13. Especies ícticas registradas durante los muestreos en las localidades del área de estudio. La especie nativa <i>Fundulus lima</i> (A) y las exóticas <i>Cyprinus carpio</i> (B), <i>Tilapia cf. zillii</i> (C), <i>Gambusia affinis</i> (D), <i>Xiphophorus hellerii</i> (E) y <i>Poecilia reticulata</i> (F).....	52
Figura 14. Cambios cronológicos en el nivel de inundación del sitio “Poza Larga” en la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. La gráfica denota la captura por unidad de esfuerzo de las especies en ese mismo sitio.....	63
Figura 15. Imagen de satélite de la parte peninsular de Baja California que denota la incidencia y la trayectoria del huracán “Marty” el 22 de septiembre de 2003. ...	64
Figura 16. Delimitación de la cuenca del Río San Ignacio con sus principales y secundarias redes hidrográficas.....	72
Figura 17. Puntos de muestreo de las localidades “Manantial” y “El Tizón”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	73
Figura 18. Puntos de muestreo de la localidad “Poza Larga”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	74
Figura 19. Puntos de muestreo de la localidad “Los Corralitos”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	74
Figura 20. Puntos de muestreo de la localidad “Los Pinos”, Mulegé, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	75
Figura 21. Puntos de muestreo de la localidad “San Sabas”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.	75
Figura 22. Tipos de hábitats identificados en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	77
Figura 23. Distribución metapoblacional de la sardinilla peninsular (<i>Fundulus lima</i>), en la localidad “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el muestreo de agosto de 2012.....	80
Figura 24. Distribución metapoblacional de la sardinilla peninsular (<i>Fundulus lima</i>), en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el muestreo de marzo de 2017.	80

Figura 25. Distribución metapoblacional de la sardinilla peninsular (<i>Fundulus lima</i>), en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el muestreo de marzo de 2017.	81
Figura 26. Caracterización del paisaje actual en las localidades “Manantial” y “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.	83
Figura 27. Caracterización del paisaje actual en la localidad “Poza Larga”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.	83
Figura 28. Caracterización del paisaje actual en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.	84
Figura 29. Caracterización del paisaje actual en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.	84
Figura 30. Caracterización del paisaje actual en la localidad “San Sabas”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.	85
Figura 31. Distribución potencial del pez endémico <i>Fundulus lima</i> en las localidades “Manantial” y “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período 2012-2017.	87
Figura 32. Distribución potencial del pez endémico <i>Fundulus lima</i> en la localidad “Poza Larga”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el año 2017.	88
Figura 33. Distribución potencial del pez endémico <i>Fundulus lima</i> en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el año 2017.	88
Figura 34. Distribución potencial del pez endémico <i>Fundulus lima</i> en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período 2012-2017.	89
Figura 35. Distribución potencial del pez endémico <i>Fundulus lima</i> en la localidad “San Sabas”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el año 2017.	89

Figura 36. Aplicación del cuestionario a los pobladores de San Ignacio, Mulegé, Baja California Sur.	92
Figura 37. Clasificación del Índice EstPre en las localidades “Manantial” y “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.	108
Figura 38. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “Poza Larga”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.	108
Figura 39. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.	109
Figura 40. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.	109
Figura 41. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “San Sabas”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.	110

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de la población por sexo, edad y el PEA en la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México, según los datos del Censo de población y vivienda de INEGI. 2010.....	15
Tabla 2. Propiedad de la vivienda en San Ignacio según los datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI. 2010.....	16
Tabla 3. Valores promedio de variables físico-químicas registradas durante 2002-2017 en las localidades estudiadas en los oasis de la cuenca hidrológica del Río San Ignacio, Baja California Sur, México..	50
Tabla 4. Captura-por-unidad-esfuerzo (CPUE) para las especies ícticas por localidad de recolecta y método de captura en la cuenca del Río San Ignacio. Los muestreos fueron realizados de 2002 a 2017. ii), GA (<i>Gambusia affinis</i>).....	53
Tabla 5. Número de individuos de <i>Fundulus lima</i> por tipo de hábitat en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	78
Tabla 6. Número de parches de cada hábitat y la proporción de área por tipo de hábitat en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur.....	86
Tabla 7. Coberturas y resultado de las métricas PROX y ENN, en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, durante el periodo 2012-2017.....	91
Tabla 8. Respuestas obtenidas de 38 participantes del cuestionario aplicado en la zona de estudio.....	99
Tabla 9. Valores asignados para los distintos sistemas de conservación en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo 2012-2017.....	100
Tabla 10. Puntuaciones de los Impactos y Fuentes en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo 2012-2017.....	101
Tabla 11. Valores asignados para los sistemas de conservación en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo 2012-2017.....	103

Tabla 12. Puntuación y niveles de riesgo para las diferentes especies exóticas ubicadas en la cuenca de los oasis del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	104
Tabla 13. Actores potenciales identificados para la realización de la propuesta de manejo del pez endémico <i>Fundulus lima</i> en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	106
Tabla 14. Unidades correspondientes a la clasificación de prioridad obtenida por el índice EstPre, durante el periodo 2012-2017 en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California, México.	107
Tabla 15. Análisis FODA para los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.....	111
Tabla 16. Propuestas de manejo para los impactos a nivel unidad en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	113
Tabla 17. Propuestas de manejo para los impactos a nivel sistema en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.....	116

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Población por edad (en número de años) en San Ignacio según datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI. 2010.	15
Gráfica 2. Escolaridad en la localidad de San Ignacio según los datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI. 2010.....	16
Gráfica 3. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “El Tizón”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017.	56
Gráfica 4. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “Manantial”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017.	56
Gráfica 5. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “Poza Larga”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017.....	60
Gráfica 6. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “Los Corralitos”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017.....	60
Gráfica 7. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “Los Pinos”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017.....	67
Gráfica 8. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “San Sabas”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017.....	67

Gráfica 9. Estructura poblacional de <i>Fundulus lima</i> , <i>Poecilia reticulata</i> y <i>Tilapia cf. zillii</i> en los oasis de la cuenca de San Ignacio, Baja California Sur, México. Especímenes capturados con trampas tipo “minnow” marzo 2017.	70
Gráfica 10. Estructura poblacional de <i>Cyprinus carpio</i> y <i>Tilapia cf. zillii</i> en los oasis de la cuenca de San Ignacio, Baja California Sur, México, especímenes capturados con red agallera marzo 2017.	71
Gráfica 11. Comparación de la estructura poblacional de <i>Fundulus lima</i> en las localidades de “Los Pinos” y “Los Corralitos” entre los años 2003 y 2017 en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.	71
Gráfica 12. Distribución por edades de los entrevistados en la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México.	93
Gráfica 13. Tiempo de residencia de los entrevistados en la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México.	94
Gráfica 14. Resumen de las preguntas sobre los peces <i>Fundulus lima</i> y <i>Tilapia cf. zillii</i> en San Ignacio, Baja California Sur, México.	96
Gráfica 15. Tiempo del primer avistamiento de la tilapia por los entrevistados de la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México.	97

I. Introducción

La sardinilla peninsular, *Fundulus lima* (Vaillant, 1894) es una especie íctica perteneciente a la familia Fundulidae y al orden Cyprinodontiformes. Es una de los dos especies dulceacuícolas endémicas de la península de Baja California, México (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). Tiene una distribución confinada en los oasis de las cuencas del Río San Ignacio y la Purísima, aunque su distribución se localiza desde la cuenca del Río San Ignacio hasta la cuenca del Río Las “Pocitas” (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). Estos oasis son considerados como sistemas relictos subtropicales que han sido resultado de la transformación ecológica radical del centro de Baja California durante la época del Holoceno (hace 8,000 años), ocasionando un cambio de condición húmeda a árida (Axelrod, 1948; Grismer y Mcguirre, 1993).

Muestreos ictiológicos efectuados en los oasis de San Ignacio entre 1991-1995, determinaron que *Fundulus lima* era la especie más abundante (70-97%), coexistiendo en ese periodo con tres especies exóticas, una ovípara (*Cyprinus carpio*) y dos vivíparas (*Xiphophorus hellerii*, *Poecilia reticulata*) (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). Sin embargo en el año de 1996 se registró por primera vez la presencia del cíclido exótico *Tilapia cf. zillii* en los oasis de San Ignacio, cuyas especies nativas han evolucionado en aislamiento por miles de años debido a la falta o carencia de estrategias antidepredativas o competitivas (Moyle *et al.*, 1986; Douglas *et al.*, 1994).

En tiempos recientes a partir de la década de 2000-2010, *Tilapia cf. zillii* se volvió la especie dominante en los oasis de San Ignacio, provocando la disminución de *Fundulus lima* en casi el 75% de su ámbito de distribución, debido a la interacción competitiva (Ruiz-Campos, 2000, 2012; Ruiz-Campos *et al.*, 2003, 2006a, 2008, 2014b). Por tal situación, actualmente esta especie se encuentra catalogada en la Norma Oficial Mexicana 059 como una especie en peligro de extinción (2010) basado en el seguimiento de 1998-2004 por Ruiz-Campos y colaboradores (2006a).

La introducción de especies exóticas constituye uno de los mayores cambios ambientales globales que están ocurriendo en la actualidad. Las invasiones por especies exóticas han ocurrido desde hace siglos. Sin embargo, ha incrementado aceleradamente en los últimos años, ocasionadas principalmente por intereses económicos. Como consecuencia, han traído severos impactos ecológicos y económicos debido a la afectación de los ecosistemas en los que fueron introducidos (Molnar *et al.*, 2008; Mendoza y Koleff, 2014).

A pesar de que la especie *Fundulus lima* se encuentra distribuida dentro de los límites de la reserva de la biosfera El Vizcaíno, no existe ningún plan de manejo específico desarrollado por el gobierno federal o estatal para la protección de esta especie en peligro de extinción (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a).

Con base en lo anterior, el presente estudio, aporta una propuesta de plan de manejo para la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*) en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California, con base en el análisis integral de atributos tipo poblacional, hábitat, paisajísticos y de amenazas.

1. Objeto de estudio

1.1 Descripción del objeto de estudio

Propuesta de un plan de manejo de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*) en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

1.2 Pregunta de investigación

La introducción de peces exóticos en los últimos años ha provocado una considerable disminución en la metapoblación de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), pez endémico de los oasis sudcalifornianos, ocasionando que esta especie se encuentre catalogada en la Norma Oficial Mexicana 059 de SEMARNAT-2010 como una especie en peligro de extinción.

1.3 Justificación

El estatus actual de conservación de *Fundulus lima* está catalogado en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010), con base en muestreos realizados entre 2002 y 2004 por Ruiz-Campos y colaboradores (2008). Dichos muestreos mostraron su virtual extirpación en varias localidades de su conocida distribución (Ruiz-Campos, 2000; Ruiz-Campos *et al.*, 2003), como lo son los manantiales de San Ignacio y San Javier debido a la competencia con especies exóticas, en especial por el cíclido exótico *Tilapia cf. zillii* (Ruiz-Campos, 2000). Alanís-García (1995) explica que el oasis de San Ignacio fue caracterizado por la abundancia del pez nativo *Fundulus lima* y otros pecílidos exóticos (*Xiphophorus hellerii* y *Poecilia reticulata*), pero a partir de 1998, Ruiz-Campos y colaboradores (2014b) encontraron que con la introducción de la *Tilapia cf. zillii* a este oasis en el año de 1995, la población de *Fundulus lima* virtualmente desapareció del manantial varios años después. Es importante señalar que los oasis son sistemas frágiles y susceptibles a perturbaciones antropogénicas, similar a lo que sucede en islas y hábitat relictos,

donde la presencia de especies exóticas ha ocasionado la pérdida de biodiversidad en un tiempo ecológico reciente. La realización de esta propuesta de plan de manejo ayudará a resolver la problemática en la que se encuentra *Fundulus lima* frente a la competencia de hábitat con especies exóticas, considerando que representa una especie endémica y catalogada en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010) en los oasis de Baja California Sur.

1.4 Limitaciones y supuestos

Este trabajo presentó como limitación el área de estudio, la cual fue solo la cuenca del Río San Ignacio debido al tiempo, recursos, importancia del sitio (localidad tipo) y es donde se han presentado los mayores impactos, principalmente por competencia con especies ícticas exóticas. Las poblaciones de *Fundulus lima* están distribuidas desde el Río San Ignacio hasta el Arroyo Las “Pocitas”.

1.5 Objetivos de investigación

A partir de la información anteriormente expresada se plantean los siguientes objetivos:

1.5.1 Objetivo general:

- Generar una propuesta de plan de manejo para la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), especie endémica de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

1.5.2 Objetivos específicos:

1. Caracterizar la distribución y abundancia del pez endémico *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio.
2. Determinar el patrón del paisaje actual, así como los procesos que permiten la presencia de esta especie en esta zona.
3. Identificar el conocimiento que tienen los habitantes de San Ignacio, sobre la especie endémica *Fundulus lima* y las especies exóticas asociadas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio.
4. Identificar las amenazas del sistema para la conservación de *Fundulus lima* y sus hábitats.

2. Antecedentes

2.1 *Fundulus lima*

2.1.1 Descripción

Es una de dos formas ícticas dulceacuícolas endémicas de la Península de Baja California (Ruiz-Campos, 2000; Ruiz-Campos *et al.*, 2003, 2008). La sardinilla peninsular (*Fundulus lima*) fue descubierta por Vaillant en 1894, con base en la captura de 15 ejemplares por Leon Diguét en 1892 en el oasis de San Ignacio, Baja California Sur. En 1905, Edward W. Nelson capturó 19 ejemplares en la misma localidad, los cuales sirvieron de base para describir *Fundulus meeki* por Evermann (1908), considerado actualmente como un sinónimo de *Fundulus lima* (Myers, 1930). Este taxón en conjunto con su congénere *Fundulus parvipinnis* son las únicas especies conocidas de la familia para la vertiente del Pacífico americano (Ruiz-Campos, 2012). Camarena-Rosales (1999) y Ruiz-Campos (2012) describen a *Fundulus lima* como una especie que posee un cuerpo alargado y moderadamente comprimido, con el pedúnculo caudal poco más grande que la longitud cefálica. La boca es grande y los dientes están dispuestos en varias series, siendo mayores los dientes centrales al resto. La aleta dorsal tiene una longitud moderada, esta insertada anteriormente con respecto al origen de la anal. En ambos sexos las escamas son de un tamaño medio. Durante la época de reproducción, las escamas del pedúnculo caudal desarrollan una prolongación aguda (ctenas), dirigida hacia atrás, asociadas al cortejo y actividades conexas. Este fenómeno en machos es común, aunque en hembras también se llega a presentar. La coloración en tanto en hembras como en machos, es pardo-amarillenta en el dorso, gris-plateado en los flancos, con manchas negras o pardas irregularmente dispuestas y un vientre blanquecino. En lo que se refiere a características merísticas esta especie se distingue en poseer de 11 a 13 radios en la aleta dorsal; 12 a 13 radios en la aleta anal; 17 a 19 radios en la aletas pectorales; 6 radios en las pélvicas; aleta caudal con 4 a 10 radios procurrentes superiores, de 15 a 19 centrales, y de 5 a 12 procurrentes inferiores.

Escamas en serie lateral de 34 a 38 (moda = 36). Diámetro ocular y tamaño de la boca caben de 4.5 a 4.1 veces respectivamente a la longitud cefálica. Esta especie posee una longitud máxima de 127 mm (Ruiz-Campos, 2012). (Fig. 1). La edad máxima determinada mediante interpretación de anillos anuales en escamas es de 3 años (Arista-Palacios, 2016).



Figura 1. Sardinilla peninsular, *Fundulus lima*. Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos, 2017.

2.1.2 Distribución

Existen registros de especímenes de *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México (Vaillant, 1894; Myers, 1930). Es una especie endémica de los oasis de la cuenca del Pacífico de Baja California Sur, México, desde el Río San Ignacio (Myers, 1930 y Follett, 1960) hasta el Arroyo Las “Pocitas” (Ruiz-Campos *et al.*, 2003; Ruiz-Campos, 2012) (Fig. 2). Ruiz Campos y colaboradores (2000) indican que recolectaron (periodo de 1991-1998) esta especie en las siguientes localidades: San Ignacio (San Ignacio), La Purísima (Carambuche), Bramonas (Bebelamas, San Luis Gonzaga y Las Cuedas), San Pedro (San Pedro de La Presa, San Basilio, Merecuaco, Pozo del Iritú), y Las “Pocitas” (El Caracol).

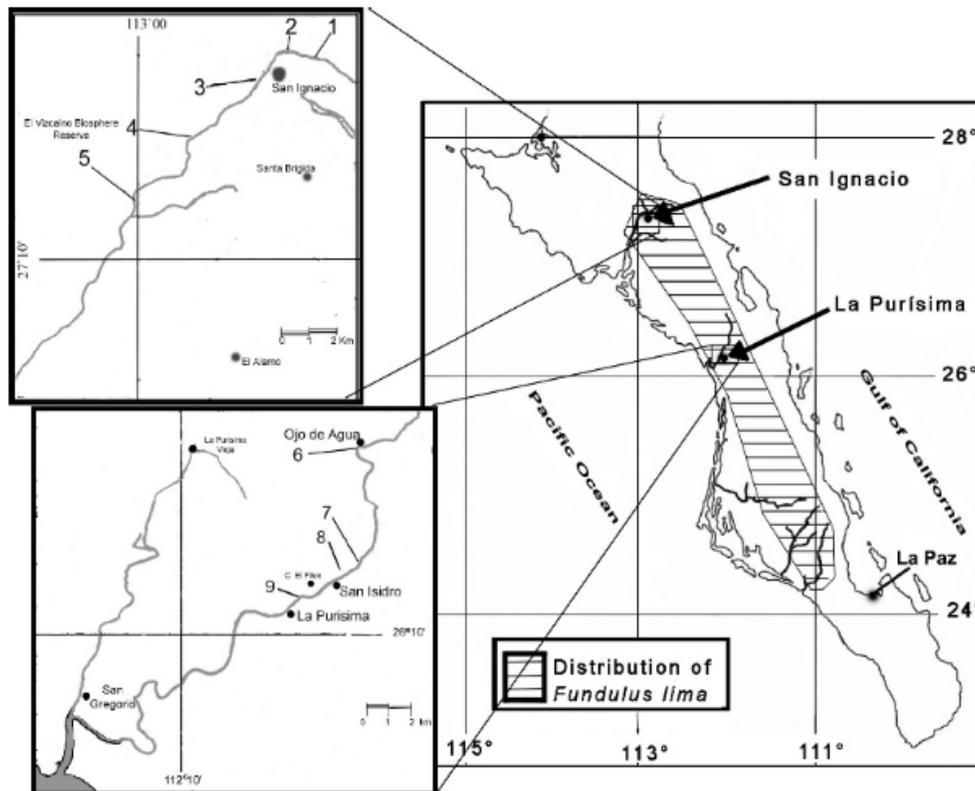


Figura 2. Localización de sitios de muestreo de *Fundulus lima* (1-9) en el Río San Ignacio y Río de La Purísima, Baja California Sur, México. 1, Rancho “El Tizón”; 2, Lake Side; 3, “Poza Larga”; 4, “Los Corralitos”; 5, “San Sabas”; 6, Ojo de Agua; 7, Presa Carambuche; 8, Carambuche; y 9, La Purísima. (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a).

2.1.3 Abundancia

Ruiz-Campos (2000) explica que aunque no existen evaluaciones cuantitativas de la abundancia de *Fundulus lima* anteriores a la previa introducción de peces exóticos para los oasis (por ejemplo, *Tilapia cf. zillii*, *Cyprinus carpio*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii* y *X. maculatus*), mediante los muestreos entre 1991-1998 a lo largo de su área de distribución histórica han revelado disminución en la relación de abundancia (0-5%) de este Cyprinodontidae nativo, en comparación con las especies exóticas, en especial *Tilapia cf. zillii* y *Poecilia reticulata*. También se detectó una población diezmada de *Fundulus lima* en la localidad de Las Cuedas (cuenca Bramonas).

2.1.4 Hábitat y ecología

En los oasis donde se ha registrado esta especie endémica, se han registrado salinidades bajas (0,1-1,3%), temperaturas de 20 a 28 °C, pH de 7.3 a 10, oxígeno disuelto de 4 a 10 mg/l (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). Las partes inferiores de estos oasis están constituidos por roca madre con parches de arena y/o grava. Los macrófitos acuáticos están representados por *Chara* sp. y *Potamogeton* sp. (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996). La especie endémica *Fundulus lima* se ha observado que prefiere hábitats de poza con socavación lateral (0.3-2.0 m de profundidad) (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). Los individuos de *Fundulus lima* no son tolerantes al agua de mar, iniciando su agonía en menos de cuatro minutos. Por ello, se podría catalogar a esta especie dentro del componente vicario de Myers (1930). Su aparente falta o pérdida de procesos osmorregulatorios en ambientes marinos, es un fenómeno interesante en cuanto a su origen y evolución. Su especie hermana, *Fundulus parvipinnis*, la cual presenta una distribución desde California, E.U.A., hasta Bahía Magdalena, B.C.S., principalmente en esteros y canales de marea, en contraste, es completamente eurohalina y tolerante a cambios súbitos de salinidad, desde agua dulce a marina (Castro-Aguirre *et al.*, 2016).

Fundulus lima permanece en el epilimnion, en forma de cardúmenes compactos, con un desplazamiento activo durante las horas del día. Al atardecer, los cardumes, tienden a dispersarse. Durante las horas de la noche, es común encontrar ejemplares solitarios y con poca movilidad, cerca de piedras o vegetación (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). *Fundulus lima* se clasifica como un consumidor de alto nivel trófico dentro de este tipo de ecosistemas. Se considera un depredador voraz que se alimenta de renacuajos, insectos acuáticos, gupis (*Poecilia reticulata*), algas filamentosas, cladóceros, ostrácodos y diatomeas (Alanís-García, 1995; Alanís *et al.*, 2004). Son ovíparos y tienen fecundidad externa (Parenti, 1981).

Las poblaciones de *Fundulus lima* coexisten con otros peces nativos de tipo periférico como lo son los eléotridos *Gobiomorus maculatus*, *Dormitator latifrons* y *Eleotris pictus*, el mugílido *Agonostomus monticola* y góbido *Awaous tajasica*. (Ruiz-Campos *et al.*, 2003; Ruiz-Campos, 2012). Así mismo, diversos peces introducidos concurren con *Fundulus lima* en los oasis (*Cyprinus carpio*, *Xiphophorus hellerii*, *Xiphophorus maculatus*, *Poecilia reticulata* y *Tilapia* cf. *zillii*) (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a, 2014b). En las mismas zonas, podemos encontrar, culebras (*Thamnophis* sp.), tortugas acuáticas (*Trachemys scripta nebulosa*) y ranas toro (*Lithobates catesbeianus*) así como diversas aves (e.g., *Ardea herodias*, *Phalacrocorax auritus*) que se han observado alimentándose de *Fundulus lima*. Un aspecto importante es la elevada incidencia del nematodo endoparásito (*Contraecum multipapillatum*), el cual afecta a las gónadas, hígado e intestino (Ruiz-Campos, 2012).

El huésped de este parásito, son las aves acuáticas ictiófagas (cormoranes, garzas, etc.), cuyas heces infectadas con huevecillos son ingeridas por invertebrados bénticos, y éstos a su vez por los peces (Ruiz-Campos, 2012). Los peces infectados han presentado serias lesiones internas y daños irreversibles. La vegetación en estos oasis donde se ha registrado a *Fundulus lima* está compuesta principalmente por la palma nativa (*Washingtonia robusta*), la palma datilera exótica (*Phoenix dactylifera*), carrizos (*Phragmites communis*), tules (*Typha*

domingensis) y huatamote (*Baccharis salicifolia*) (Arriaga *et al.*, 1997, Ruiz-Campos, 2012).

2.1.5 Reproducción

En la actualidad no se conocen gran cantidad de aspectos de su biología reproductiva *in situ*, Ruiz-Campos en el año 2000, menciona que su reproducción es posible que se dé entre los meses de marzo y abril, ya que durante esa época observó que los machos presentan una coloración nupcial y el pedúnculo presenta ctenas fuertemente desarrolladas. Su fecundidad es baja, entre 25 y 30 óvulos por hembra madura. Estudios preliminares indican que esta especie es desovadora parcial. La proporción sexual es de 1:1. El comportamiento del cortejo incluye fase de despliegue de aletas, persecución y sometimiento, sin embargo no se detectó desove (Ruiz-Campos, 2012).

2.1.6 Edad, relación peso-longitud y factor de condición somática (Kr)

Para este fundúlido peninsular se ha determinado mediante el análisis de anillos de crecimiento anual en escamas, una edad máxima de 3 años, siendo la clase dominante la de 1 año. La estimación de tallas para edades pretéritas, basada en método de retrocálculo permitió calcular una talla media de 38.61 mm LT para individuos de 1 año y de 68.81 mm LT para individuos de dos años (Arista-Palacios, 2016).

La condición somática es un indicador ecofisiológico utilizado en el manejo de poblaciones de peces (Jakob *et al.*, 1996) debido a que las reservas de energía en el tejido de los individuos pueden caracterizar componentes del entorno en el que viven los peces (por ejemplo, la disponibilidad de alimento y hábitat, la competencia, la depredación, factores físicos, y la contaminación (Ruiz-Campos, 2000; Lloret y Planes, 2003; Oliva-Paterna *et al.*, 2003).

Andreu-Soler y Ruiz-Campos (2013) encontraron en los tejidos de tilapia panza roja, *Tilapia* cf. *zillii*; y la carpa común, *Cyprinus carpio*; las variables que explican mejor la variación de Kr en las poblaciones de sardinilla peninsular. La tilapia panza roja fue la especie dominante en ambas cuencas, relegando a otras especies ícticas coexistentes a ocupar unidades de hábitat más pequeñas, incrementando una competencia más alta entre ellas y reduciendo el Kr y la abundancia de *Fundulus lima* (Anexo I.2. Abundancia histórica de *Fundulus lima* de 2002 a 2017 en las localidades estudiadas). Concluyeron que el Kr de las poblaciones de *Fundulus lima* puede ser un indicador útil de las interacciones competitivas con especies exóticas en las cuencas hidrológicas de la península de Baja California.

2.1.7 Estatus de protección

Las evaluaciones de distribución (1991-1999) a lo largo de su área de distribución y áreas adyacentes históricas mostraron una reducción significativa de la población de las localidades, debido a la exclusión de exóticos cíclidos *T. cf. zillii* (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). La media de los peces exóticos en los oasis donde se distribuye o distribuía *Fundulus lima* (principalmente *Tilapia* cf. *zillii*. y *Cyprinus carpio*) aumentó en las fechas de 1976 debido al impulso de un programa federal que promovió la acuicultura rural, dando como resultado efectos nocivos explicados anteriormente.

Debido a que *Fundulus lima* es uno de los dos peces dulceacuícolas endémicos conocidos de Baja California y tener una distribución limitada e impactada por especies exóticas, basado en las evaluaciones realizadas por Ruiz-Campos y colaboradores (2006b) ayudaron a ser considerada como una especie en peligro de extinción (Jelks *et al*, 2008; SEMARNAT, 2010).

A pesar de que esta especie se encuentra distribuida dentro de los límites de la reserva de la biósfera El Vizcaíno, no existe ningún programa de manejo vigente desarrollado por el gobierno federal o estatal para la protección de esta especie.

2.2 Aspectos sociales de San Ignacio

2.2.1 Históricos

San Ignacio fue originalmente un asentamiento de indígenas cochimíes denominada como Kadakaamán, al arribar los misioneros jesuitas a la región, se convirtió en un poblado de visita, este lugar fue descubierto en 1716 por el padre Jesuita Francisco María Piccolo y en el año de 1728, el Jesuita mexicano Juan Bautista Luyando fundó la misión oficialmente con el nombre de misión de San Ignacio de Kadakaamán, situada en un fértil oasis en medio del desierto, originado por el Río San Ignacio, donde abundan las palmeras datileras, el establecimiento de los misioneros y los indígenas hicieron prosperar la agricultura, convirtiéndola en su momento en la misión más próspera de Baja California Sur (Del Rio, 2000).

El atractivo más popular de la localidad es la misión de San Ignacio de Loyola, la cual se encuentra ubicada frente a la actual plaza principal de la localidad, la construcción de este templo inició a principios del siglo XVIII a instancias y bajo financiamiento de la Compañía de Jesús, la obra quedó inconclusa en 1767 por la expulsión de los jesuitas y retomada por el dominico Juan Crisóstomo Gómez. Esta iglesia es visitada por una gran cantidad de turistas y por los pobladores de San Ignacio, en especial los fines de semana, que es la mayoría de los pobladores activos económicamente descansan y van a misa (Del Río, 2000).

2.2.2 Socioeconómicos

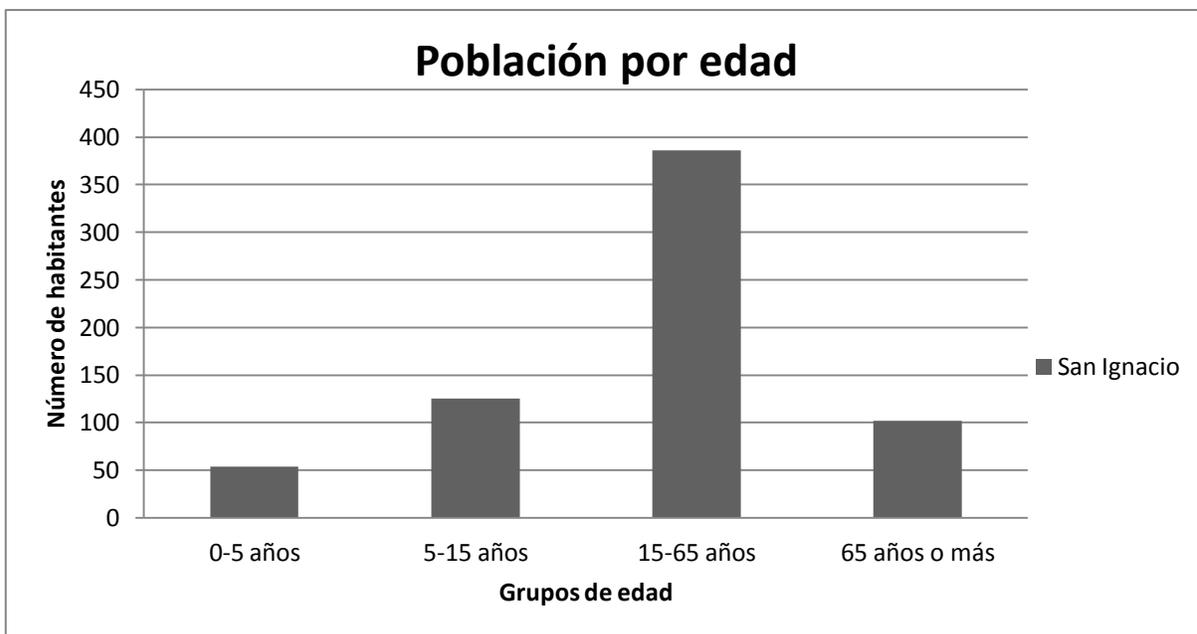
Los factores socioeconómicos han sido ampliamente usados para determinar diferentes comportamientos en las comunidades. Por ejemplo, Breceda (2005) obtuvo características socioeconómicas de los pobladores de la región de los oasis de la península de Baja California, donde hizo énfasis en las actividades forestales, pesqueras y agropecuarias.

Así mismo, dicho autor (Breceda, 2005) expuso que de los 171 oasis que se encuentran en Baja California Sur, solo tres tienen una población superior a 1000 habitantes y también, en la mayoría de éstos, se presenta un índice de alfabetización e infraestructura por debajo del promedio a nivel estatal.

Las principales actividades económicas de las poblaciones que se encuentran adyacentes a los oasis, son la agricultura de riego y la ganadería extensiva. Solo pocas localidades se desarrollan actividades turísticas (Breceda, 2005).

2.2.3 Población

La población de San Ignacio cuenta con 667 habitantes (INEGI, 2010). La mayoría de los habitantes son adolescentes mayores y adultos (15-65 años), mientras el grupo de la tercera edad (mayor a 65 años) equivale a menos de la mitad del grupo anteriormente mencionado (Gráfica 1).



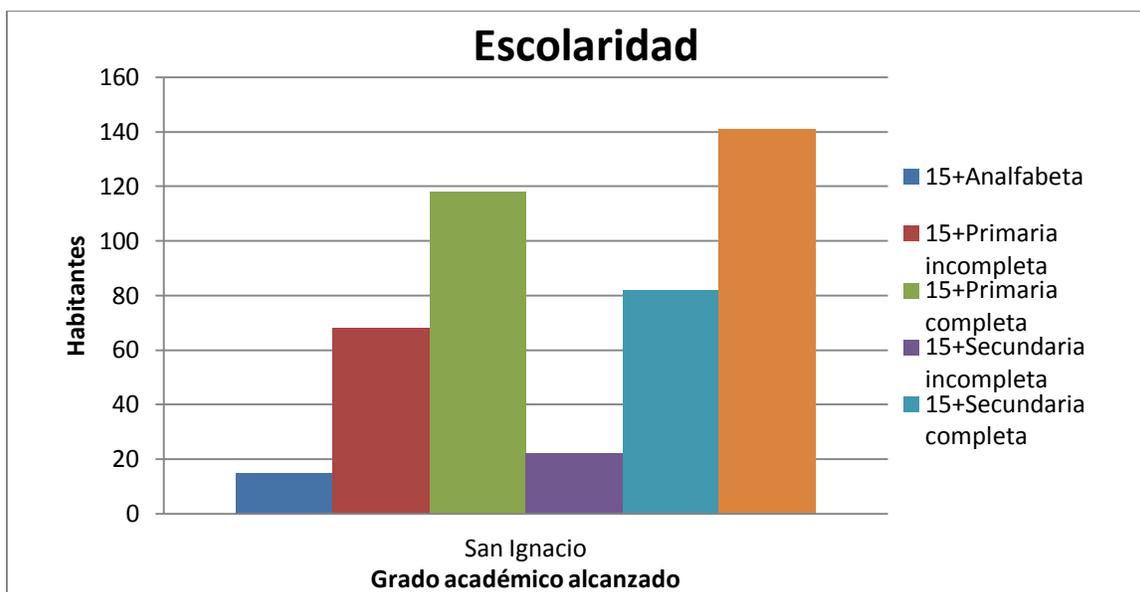
Gráfica 1. Población por edad (en número de años) en San Ignacio según datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI. 2010.

En cuanto a la población económicamente activa (PEA), se mantiene en niveles medios en la población masculina, debido a que poco más de la mitad de la población mayor a 18 años está dentro del PEA, mientras que en la población femenina el PEA está en niveles bajos, debido a que solo una tercera parte de la población femenina es económicamente activa (Tabla 1). Esto puede deberse a las costumbres de la localidad, donde la mujer es normalmente ama de casa, mientras que el hombre tiene un trabajo fuera de ésta (INEGI, 2010).

Tabla 1. Distribución de la población por sexo, edad y el PEA en la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México, según los datos del Censo de población y vivienda de INEGI. 2010.

PEA total	PEA hombres	Población masculina total	Población masculina de 18 años y más	PEA mujeres	Población femenina total	Población femenina de 18 años y más
267	184	332	221	83	335	226

La escolaridad formal de la localidad de San Ignacio obtuvo 141 personas mayores a 18 años con un grado nivel Pos-básico, el cual fue el grado que mayor número de habitantes obtuvo en las categorías investigadas. Éstas 141 personas son aproximadamente una cuarta parte de la población de San Ignacio mayor a 18 años. Otro punto importante fue el grado de primaria terminada, donde 118 habitantes mayores a 15 años lo tienen. El grado promedio de escolaridad es de 8.07 años cursados (Gráfica 2).



Gráfica 2. Escolaridad en la localidad de San Ignacio según los datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI. 2010.

Sobre la población de la vivienda, se destaca en la tabla 2 que la gran mayoría de los residentes poseen una vivienda particular, así mismo, existe un número bajo de viviendas rentadas (INEGI, 2010).

Tabla 2. Propiedad de la vivienda en San Ignacio según los datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI. 2010.

Total de viviendas	Total de viviendas particulares	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares deshabitadas	Viviendas rentadas
302	298	209	36	53

A partir de los resultados previamente expuestos, se diseñó la herramienta social (Cuestionario) para conocer el conocimiento de los habitantes de la localidad de San Ignacio sobre los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, la especie endémica *Fundulus lima* y las especies exóticas *Tilapia cf. zillii*, *Cyprinus carpio*, *Xiphophorus hellerii* y *Poecilia reticulata*.

2.3 Impacto ambiental

El ambiente está constituido por sistemas naturales, transformados y construidos por acciones del hombre, las cuales incluyen los sistemas físicos (clima, aire, suelo y agua), biológicos (flora y fauna) y humanos (población, cultura, economía y valores). En Baja California Sur se encuentra un conjunto de oasis que representan ecosistemas mesófilos relictos con una afinación tropical. El efecto de varios factores antropogénicos combinados ha provocado que estos ecosistemas de frágil naturaleza estén amenazados (Velázquez-Miranda *et al.*, 2011).

Éstos oasis poseen un valor ecológico y económico importante en zonas áridas y semiáridas por múltiples beneficios ecológicos que generan, así mismo, albergan una gran diversidad biológica y proveen de agua y alimento a los pobladores que se encuentran alrededor de estos (Maya y Coria, 1997). A pesar de los servicios ambientales que proveen, en estos oasis se mantiene una constante sobreexplotación, contaminación y transformación del ambiente (Rodríguez-Estrella *et al.*, 2004). En el 2004 se efectuó una reunión donde se trataron las problemáticas de dichos oasis y se encontraron los siguientes: sobreexplotación del recurso hídrico, introducción de especies exóticas, contaminación por agroquímicos y residuos sólidos, ausencia de planes de crecimiento de asentamiento humanos, falta de manejo de recursos forestales, pérdida de biodiversidad, falta de identificación de áreas prioritarias para la conservación y de valoración de la importancia de los oasis (Rodríguez-Estrella *et al.*, 2004). Con esto se incluyó a estos oasis dentro de la Convención de RAMSAR con el objetivo

de conservar y efectuar un uso racional de los recursos dentro del humedal (CONANP, 2004).

En estos oasis habita el pez endémico, *Fundulus lima* (Vaillant, 1894), el cual ha tenido una fuerte disminución en sus poblaciones, debido a la competencia con peces exóticos como *Tilapia cf. zillii*, *Xiphophorus hellerii*, *Cyprinus carpio* y *Poecilia reticulata* (Ruiz-Campos *et al.*, 2003, 2006^a, 2014a, 2014b). Dichos oasis son la localidad tipo de *Fundulus lima*. La introducción de especies exóticas en estos oasis se ha dado en diferentes tiempos, empezando con *Cyprinus carpio*, la cual fue introducida en 1976 (Ruiz-Campos, 2000) y la última (*Tilapia cf. zillii*) en 1996 (Ruiz-Campos, 2012; Ruiz-Campos *et al.*, 2014b). Otros vertebrados acuáticos exóticos que han sido reportados en estos oasis son la rana toro (*Lithobates cataesbeianus*; Grismer, 2002) y el acocil rojo (*Procambarus clarkii*; Hernández *et al.*, 2008).

Estos hábitats presentan condiciones generadas por la vegetación emergente de los bancos (carrizo, *Phragmites australis*) y también por la vegetación de la planicie de inundación (palma de abanico autóctona, *Washingtonia robusta*), los cuales son importantes sitios de alimentación, anidación y refugio para una gran cantidad de aves residentes y migratorias (Rodríguez-Estrella *et al.*, 1997). Debido a la pérdida y modificación de estos hábitats ribereños, la comunidad de aves se podría encontrar afectada negativamente, como lo ha sido con la disminución de individuos del ave endémica *Geothlypis beldingi* (Rodríguez-Estrella *et al.*, 1997).

Con el fin de proteger la especie *Fundulus lima* y los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, los cuales incluyen su localidad tipo, es necesario que se realice un plan de manejo para estos hábitats y de la especie endémica antes referida. En el presente estudio fue aplicado el método FPEIR (Fuerza Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta). Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en la Unión Europea desde los años 90, usada en evaluaciones de desempeño ambiental (EEA, 2010) en particular aquellos vinculados con la sostenibilidad (Bobadilla *et al.*, 2013; Pulido, 2009). El enfoque FPEIR es de un interés particular entre investigadores y legisladores como marco conceptual para la comunicación y

formulación de las políticas públicas (Svarstad *et al.*, 2008). Este modelo inicia del hecho que el desarrollo humano (actividades sociales y económicas) ejerce una presión en el ambiente, provocando que el estado del ambiente se modifique (salud, disponibilidad de recursos, biodiversidad), pudiendo ocasionar un impacto en la salud humana, en los ecosistemas y en los bienes materiales, produciéndose una respuesta en la sociedad (decisiones y acciones) que puedan modificar las fuerzas motrices originales, las presiones, los cambios en el ambiente y los impactos registrados (Azuz-Adeath *et al.*, 2010) (Fig. 3).

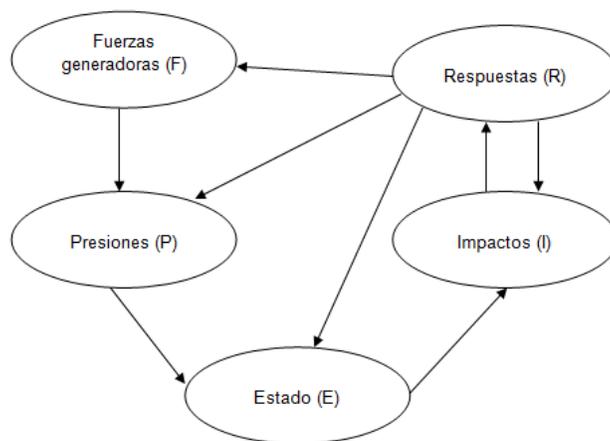


Figura 3. Esquema de marco de referencia FPEIR (Smeets y Wetering, 1999).

El modelo FPEIR es construido a partir de índices e indicadores ambientales para medir las fuerzas motrices, presiones, estados e impactos, lo cual nos permite tomar decisiones sobre actividades (respuestas) que ayuden a mejorar o mantener la calidad del ambiente y ser aplicadas en un futuro. Para la elección de dichos indicadores, la OCDE en 1998, estableció una lista de características que debe cumplir un indicador, tomando en cuenta que en veces no es posible cumplir con todas, las tres primeras son criterios básicos. De esta forma, un indicador puede ser usado como herramienta para la evaluación del medio ambiente y políticas públicas. Por tanto, un indicador deberá proporcionar información suficiente sobre la condición ambiental, deberán ser sencillos, de fácil interpretación y que respondan a los cambios en el ambiente y a las actividades humanas (Velázquez-Miranda *et al.*, 2011)

3. Marco conceptual

En la construcción del modelo FPEIR, las fuerzas motrices, presión, estado e impacto fueron definidos por indicadores de ecología poblacional, análisis documental, cuestionarios y análisis de amenazas, los cuales fueron complementados con indicadores de ecología del paisaje. La ecología de paisaje ha sido utilizada en el carácter ictiológico en diversos estudios (Flores-Galván, 2013; Esselman *et al.*, 2011; Kim y Lapointe, 2011) y en prácticas concretas de gestión y planificación del territorio (Liu y Taylor, 2005; Bissonette *et al.*, 2003; Bonnell, 2009), además de poseer un enfoque transdisciplinario (Vila *et al.*, 2006; Flores-Galván, 2013).

3.1 Fundamentos de Ecología del Paisaje

El paisaje se puede estudiar desde diferentes puntos de vista, según la disciplina que se estudia, y ser descrito de distintas formas, con un objetivo estético, como un territorio. El término paisaje se define como una serie de ecosistemas que interactúan bajo un mismo clima, geomorfología y régimen de disturbios (Forman y Gordon, 1986). La ecología del paisaje tiene como objetivo el conocer la estructura espacial, el funcionamiento y los cambios que se producen en el paisaje, cuya interpretación está bajo el concepto de mosaico (Irastorza-Vaca, 2006). Forman y Gordon (1981) propusieron que el elemento dominante y que le da personalidad al paisaje sería la matriz, mientras que los parches o manchas son unidades de paisaje que se diferencian claramente de lo que les rodea, y por último, los corredores, que son elementos lineales de origen natural como pueden ser ríos, o artificiales, como caminos o veredas (Fig. 4) (Irastorza-Vaca, 2006). Un conjunto de parches o manchas forman un mosaico y una estructura de corredores una red, entre éstos se pueden distinguir bordes de interior y exterior, así mismo, poder encontrar el arreglo espacial de los parches, permitiendo diferenciar estructuras entre dos paisajes (Burel y Baudry, 2003).

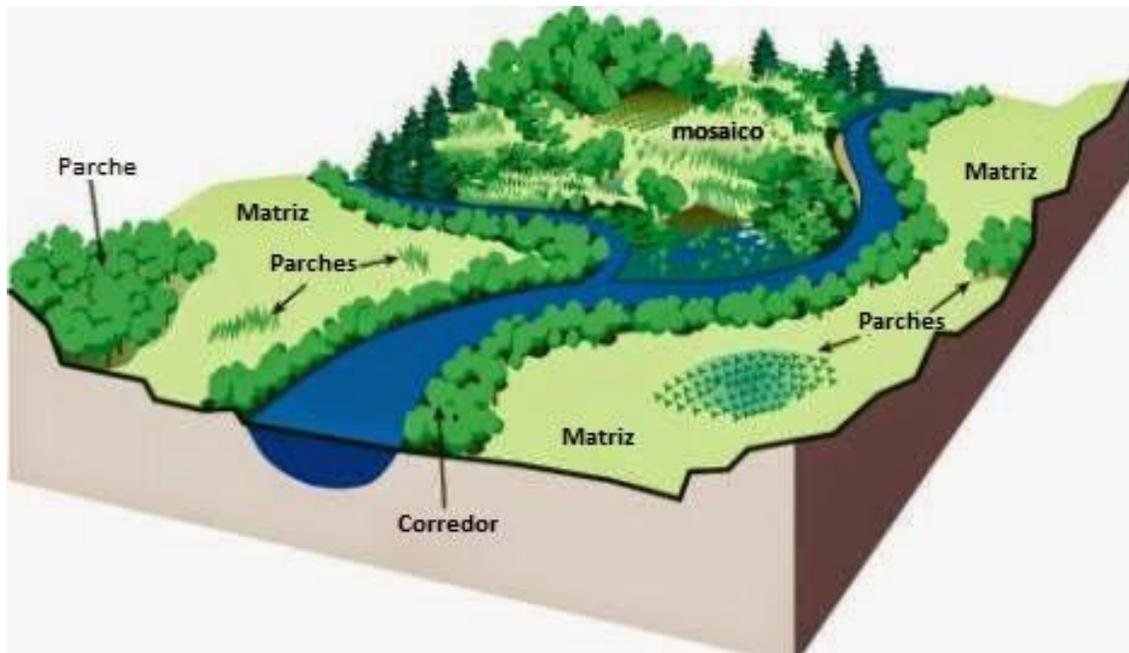


Figura 4. Elementos del paisaje basados en Forman y Gordon (1981).

Los componentes del mosaico son representados por parches individuales, mismos que se encuentran inmersos en la matriz; la forma y el tamaño de los parches son elementos importantes para los flujos bióticos y abióticos. Se pueden clasificar en parches estructurales que suelen estar representados por (1) la composición del suelo y la vegetación, (2) los factores de recursos que mayormente se relacionan con la ecología de los animales, (3) los factores de hábitat que pueden ser de diferentes comunidades y comúnmente más grandes que el ámbito hogareño y (4) los factores de corredor, que es una parte del paisaje que utiliza un organismo para moverse, explorar, dispersarse y migrar (Forman, 1995).

Las relaciones entre los parches son fundamentales en ecología del paisaje, haciendo que su número y distribución en el espacio sean factores fundamentales para el explicar el flujo de nutrientes y energía, movimientos de poblaciones, propagación de perturbaciones o disturbios y cualquier otra relación entre los organismos vivos y el medio en el que viven (Irastorza-Vaca, 2006).

3.1.1 Conectividad

Las aproximaciones cuantitativas al estudio del paisaje se basan en tres términos, la fragmentación, conectividad y heterogeneidad. Kindlmann y Burel (2008) explicaron que uno de los problemas centrales en la ecología del paisaje es el cambio drástico de los paisajes junto con las presiones antropogénicas, lo que provoca una pérdida de hábitat y fragmentación para muchas especies, por lo que las especies necesitan de redes de parches que estén bien conectados para sobrevivir, ya que la recolonización depende de la disponibilidad de dispersión de los individuos y la facilidad con la que se puedan mover por el paisaje, llamándolo conectividad.

La conectividad ha sido descrita como el grado con el cual el paisaje facilita o impide el movimiento de organismos a través de los parches. En este atributo se distinguen dos definiciones básicas: (1) la conectividad estructural que se basa enteramente en el acomodo del paisaje con ninguna relación a los organismos, y (2) la funcional que considera la conducta de los organismos a elementos individuales del paisaje (parches y bordes) y la configuración espacial de todo el sistema (Luque y Fortin, 2012).

Se recomienda distinguir entre la conectividad del paisaje, donde la conectividad es una propiedad del paisaje entero, y de la conectividad de los parches, que identifica la conectividad como un atributo de un parche y es típicamente usada para definir metapoblaciones. Las medidas están basadas en presencia, ausencia o configuración de corredores (que son líneas estrechas y continuas de hábitats que estructuralmente conectan a dos parches no contiguos), esto no implica que se puede aplicar en general, pues para cada especie u organismo la posibilidad de utilizar un corredor es diferente (Kindlmann y Burel, 2008).

3.1.2 Fragmentación

El término de fragmentación sucede cuando una parte del paisaje es transformada a otro tipo de cobertura u otro uso (Collinge y Forman, 2009). Tiene repercusión inversa con la conectividad de las poblaciones de un territorio. La fragmentación suele estar asociada con las perturbaciones, las cuales pueden ser naturales, como antropogénicas. Dichas perturbaciones provocan daños reversibles a las relaciones ecológicas, donde mediante acciones, estas podrán recuperarse, pero si son irreversibles desaparecerán algunas de dichas relaciones y los territorios que tras las perturbaciones queden aislados podrán sufrir evoluciones diferentes (Kindlmann y Burel, 2008).

3.1.3 Heterogeneidad

La heterogeneidad de un paisaje está en función de cada uno de sus elementos, de la que tienen parches, corredores y matriz, configuración espacial y complejidad de la red espacial (Burel y Baudry, 2003).

Su medición requiere de la identificación de dichos elementos y el estudio de su distribución espacial. La heterogeneidad es un factor de organización de los sistemas ecológicos (Burel y Baudry, 2003).

La heterogeneidad de un paisaje expresa la distribución de especies animales y vegetales, las relaciones que ocurren entre éstos y la transferencia de materia y energía entre sus elementos y, de igual forma, la heterogeneidad es la causante de que ciertas especies puedan existir en un territorio y puedan producirse ciertas relaciones entre éstos y con ello, ocurra un intercambio de materia y energía entre sus elementos (Irastorza-Vaca, 2006).

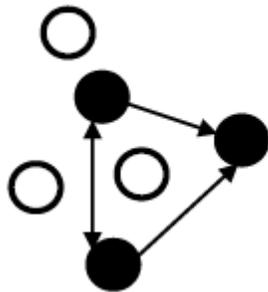
3.1.4 El concepto Metapoblación

Todas las especies viven en poblaciones con cierto grado de estructura espacial más amplio que otras poblaciones discretas, las cuales son completamente independientes una de la otra, para una población mixta grande. La metapoblación es encontrada en un escenario de poblaciones discretas, donde existe una serie de débiles interacciones entre poblaciones locales, lo cual equivale a tener una población de poblaciones. Además se asume que el número de las poblaciones locales está determinado por las colonizaciones y extinciones, procesos ecológicos que caracterizan a las metapoblaciones (Van Nouhuys, 2009).

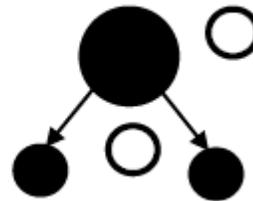
En la teoría de la biogeografía insular de MacArthur y Wilson (1967) son enfatizados los procesos de colonización y extinción para explicar los patrones de la riqueza de especies, la cual corresponde con aquella de metapoblaciones propuesta por Levins (1969). A partir de estas teorías han surgido diferentes estructuras poblacionales (Fig. 5), con diferente dinámica y con una estructura muy parecida, debido a que están separados espacialmente en forma de parches dentro de un paisaje, pero funcionalmente difieren. La metapoblación clásica de Levins (Figura 5a), consiste en parches de hábitat que difieren en tamaño, aislamiento y calidad, donde cada parche tiene la misma probabilidad de extinguirse y recolonizarse, y una dinámica de parches asincrónica, que la dinámica de cada hábitat es diferente una de otra. Otra variación es el sistema de Isla-Continente (Fig. 5b), descrita por Harrison (1988), aquí la probabilidad de extinción es diferente en los parches, al igual que el tamaño poblacional, donde las poblaciones en parches pequeños pueden extinguirse periódicamente, pero los parches grandes persisten indefinidamente igual que Fuente–Sumidero (Fig. 5b) descrita por Pulliam (1991), excepto que la designación de una población como Fuente o Sumidero depende de la calidad del hábitat y no necesariamente del tamaño del parche; la “Fuente” se define como poblaciones con crecimiento positivo que exporta el excedente de individuos a poblaciones adyacentes, por otra parte las poblaciones “Sumidero” son las que tienen un crecimiento negativo que es sustancialmente vía inmigración. Otra alternativa es la de población

parchada “Patchy” (Fig. 5c), que realmente no es una metapoblación del todo, pero es una sola población grande que ocupa varios parches de un hábitat. Otra estructura es la de Desequilibrio (Fig. 5d), la cual es de mayor problema para la conservación, esto es porque las poblaciones están muy aisladas que la migración entre poblaciones no existe, además de que no se salvan de la extinción y no hay recolonización, así que si una población se extingue no hay esperanza para restablecerla. Cabe mencionar que funcionalmente una metapoblación puede tener más de uno de estos tipos de dinámica en diferentes partes de su metapoblación (Hanski *et al.*, 2003 y 2004).

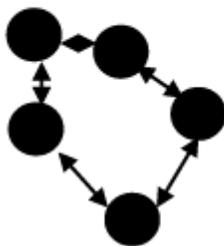
a) Clásica de Levins



b) Isla- Continente y Fuente - Sumidero



c) Parchada



d) Desequilibrio

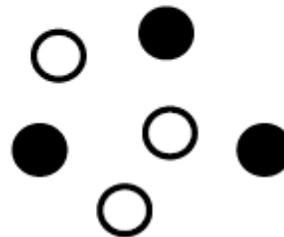


Figura 5. Estructuras metapoblacionales: a) Clásica de Levins, b) Isla – Continente y Fuente – Sumidero, c) Parchada, y d) Desequilibrio. Las flechas representan el desplazamiento poblacional, los círculos claros representan parches disponibles y los círculos oscuros las poblaciones locales.

3.1.5 Métricas del paisaje

Las métricas del paisaje o también llamados índices del paisaje aportan datos numéricos sobre composición y configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo o la superficie y la forma de los elementos paisajísticos, además, los índices permiten una comparación entre distintas configuraciones, la misma área en distintos momentos y la definición de escenarios futuros (Neel *et al.*, 2004).

Así mismo, hay cinco tipos de métricas del paisaje: (1) Índices de área, superficie, densidad y variabilidad, un tipo de índices centrados en las características de dimensión y en el número de parches que conforman el área de estudio; (2) Índices de forma, fundamentados en las características de forma de los parches que constituyen un determinado paisaje; (3) Índices de ecotono y hábitat interior, permiten hacer cálculos sobre la amplitud del ecotono, o hábitat de borde, en relación con el hábitat interior; (4) Índices de distancia, vecindad y conectividad, calculan la distancia desde el hábitat de borde y ecotono de un parche hasta el parche más próximo al mismo tipo y (5) Índices de diversidad del paisaje, éstos aportan información para comparar distintos paisajes o la evolución de un paisaje en diferentes momentos históricos (Vila *et al.*, 2006).

Dentro de los tipos de métricas anteriormente explicadas, existe una gran variedad de éstas que son ampliamente utilizadas pero para los propósitos que nos interesan se describirán solo tres (cf. Leitao *et al.*, 2006):

1.- Proporción de área por clase (CAP) es la proporción de la composición del paisaje de una cobertura en particular, se refiere a la abundancia de los tipos de parche en el paisaje pero sin considerar la parte espacial, la colocación o el lugar dentro del mosaico, CAP se puede expresar en forma de porcentaje multiplicándolo por 100 y si es así, se le conoce como porcentaje del paisaje (PLAND). Es recomendable utilizarlo en conjunto con otro o más índices (media de parches "AREA_MN" o densidad de parches "PD"), para diferenciar la matriz, identificar y cuantificar coberturas raras o poco comunes en las cuales hay que

considerar en un plan de manejo, y es útil para caracterizar la uniformidad de un paisaje, el cual es un componente importante de la diversidad paisajística.

2.- Número de parches (PN), es simplemente el total de parches y se puede aplicar a nivel paisajístico o clases, el nivel de clases incluye todos los parches de una cobertura específica, siendo esta una métrica de configuración paisajística. Como una solución para comparar valores de PN de muchos paisajes con variación en el tamaño y acomodo se utiliza la densidad de parches (PD), la cual normaliza a PN dividiéndolo por el tamaño del paisaje. Cuando el área de las clases es constante PN funciona como un buen índice de la fragmentación y heterogeneidad para comparar paisajes. Así, PN se aplica cuando se están considerando especies de un tipo de hábitat específico dentro de una metapoblación, además sirve como un sustituto para el número de subpoblaciones que influyen sobre la dinámica y la persistencia de las metapoblaciones. Por tanto, se recomienda que se utilice el PN con las métricas de área de parches (PA), proporción de área por clase (CAP), tamaño de parche (AREA_AM), radio (GYRATE), proximidad (PROX) y forma del parche (SHAPE), en conjunto la complejidad del paisaje es más completa ya que describe la distribución espacial, la forma y la conectividad de los parches.

Para analizar la distancia de un parche a otro del mismo tipo de cobertura se utiliza la métrica de la distancia euclidiana del vecino más cercano (ENN), este es un índice para la configuración del paisaje porque es explícitamente relativo con la locación, el arreglo y la caracterización de la distribución espacial de los parches. En la aplicación sus derivados describen una media de análisis matemáticos de la distribución de coberturas en el paisaje, es considerada en las teorías de la biogeografía insular y metapoblación y en la fragmentación, ya que la distancia es lo más importante.

3.- El índice de proximidad (PROX) es una medida sin unidades del aislamiento de los parches que integra información sobre el tamaño y la distancia de un parche a otro específico o focal con un radio definido. Como de esta métrica se obtienen valores sin unidades, se utiliza para la comparación de diferentes parches o para

la configuración espacial en diferentes paisajes, otra aplicación es para priorizar y adquirir reservas para la vida silvestre pues utilizando como radio el ámbito hogareño de alguna especie se puede determinar la proximidad relativa de los hábitats. Por otra parte, PROX ofrece un entendimiento importante dentro del arreglo espacial de los parches relativos a otros parches del mismo tipo.

De esta forma, el uso de las métricas del paisaje contribuye a determinar el estado del sistema y la condición de la población, que son elementos claves para la construcción de estrategias de conservación de especies amenazadas o en peligro de extinción, como es el caso del pez sardinilla peninsular (*Fundulus lima*).

4. Área de estudio

La especie íctica endémica *Fundulus lima* se distribuye en los oasis de Baja California Sur, principalmente en las cuencas hidrológicas del Río San Ignacio y La Purísima. Ambas se encuentran geográfica y distanciadamente aisladas. En temporada de sequía se forman cuerpos de agua temporalmente aislados (oasis), los cuales se comunican entre sí durante la temporada de lluvias.

Sin embargo, en este estudio se trabajó solamente con los oasis de la cuenca del Río San Ignacio (Fig. 6), debido a que es la localidad tipo de la especie *Fundulus lima* (localidad donde se describió por primera vez la especie) y en donde su población ha experimentado un mayor declive en abundancia debido a la competencia con especies ícticas exóticas en los últimos años (Ruiz-Campos, 2012; Ruiz-Campos *et al.*, 2014b) (Anexo I.2. Abundancia histórica de *Fundulus lima* de 2002 a 2017 en las localidades estudiadas).

El Río San Ignacio se encuentra al sur de la Sierra San Francisco, el cual nace en la mesa Bavisuri y fluye hacia el oeste, pasando por los poblados de Santa Lucía, Piñuela, Guamúchil y Cueva Colorada, antes de llegar al poblado de San Ignacio. En San Ignacio las aguas traídas de dicho río han sido represadas por una cortina que sirve también de puente de acceso al poblado. Después de éste último poblado, el Río San Ignacio continúa hacia el suroeste a lo largo de las rancherías Los Estribos, “Los Corralitos” y “San Sabas”, antes de desaparecer sus aguas en los grandes salitrales de San Ignacio, 20 kilómetros antes de alcanzar la laguna costera de San Ignacio (Ruiz-Campos *et al.*, 2008). El valle fluvial se encuentra bordeado por mesetas de basalto y lomeríos de rocas sedimentarias. Se presenta en la zona de estudio un clima extremoso, muy seco semicálido y con lluvias en invierno, con una temperatura y precipitación media anual de 18-24 °C y <100 mm, respectivamente. Durante el verano llegan a presentarse lluvias torrenciales por fenómenos naturales como huracanes, las cuales han llegado a provocar fuertes crecientes (Arriaga *et al.*, 2000).

La vegetación ribereña está compuesta por palma nativa (*Washingtonia robusta*), palma datilera exótica (*Phoenix dactylifera*), tule (*Typha domingensis*), junco espinoso (*Juncus acutus*), batamote (*Baccharis salicifolia*), carrizos (*Arundo donax* y *Phragmites australis*), vinorama (*Acacia brandegeana*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), sauce (*Salix bonplandiana*) y pino salado exótico (*Tamarix* sp.) (Arriaga *et al.*, 1997, Ruiz-Campos, 2014a). En el cuerpo de agua abundan en mayoría macrófitas de los géneros *Ceratophyllum*, *Enteromorpha*, *Chara*, *Potamogeton* y *Nuphar* (Ruiz-Campos *et al.*, 2008).

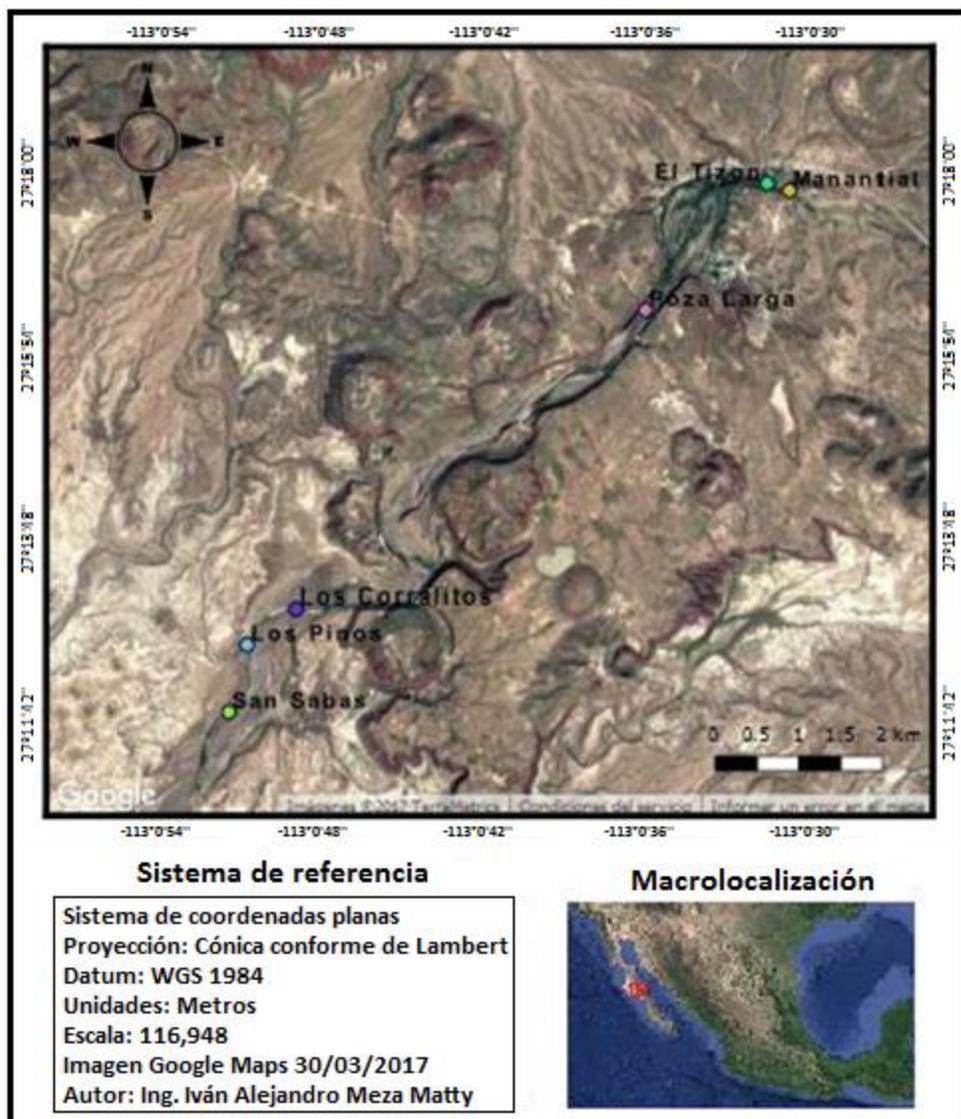


Figura 6. Área de estudio: Oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, mostrando las localidades donde se realizaron los muestreos en este estudio.

En estos sistemas hidrológicos llegan a presentarse eventos extraordinarios de crecientes, los cuales ocasionan modificaciones en las condiciones fisiográficas e hidrológicas en las cuencas (Ruiz-Campos *et al.*, 2008), un claro ejemplo, fue el fenómeno climatológico Huracán “Marty”, ocurrido entre el 18 y 24 de septiembre de 2003 (Fig. 7). “Marty” se formó a partir de una onda tropical, cuyo desplazamiento se dio dentro de la cuenca del Pacífico Norte, procedente de Centroamérica, el día 22 de septiembre cuando se encontraba a 110 km al Sureste de Cabo San Lucas, BCS., “Marty” alcanzó su mayor intensidad con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 185 km/h, alcanzando la categoría II de la escala de intensidad Saffir-Simpson, fuerza que sostuvo hasta tocar tierra a 15 km al Noreste de San José del Cabo, BCS. (Fig. 8), aproximadamente a las 7:00 horas de ese mismo día (SMN, 2003). En el período del 22 al 24 del mismo mes, éste ciclón tropical esparció fuertes vientos y lluvias torrenciales por la Península de Baja California antes de disiparse. Este fenómeno comunicó de manera atípica y significativa los cuerpos de agua de la Cuenca Río San Ignacio (CSI) y Cuenca Río La Purísima (CLP), situación que no había presentado durante los últimos 50 años.

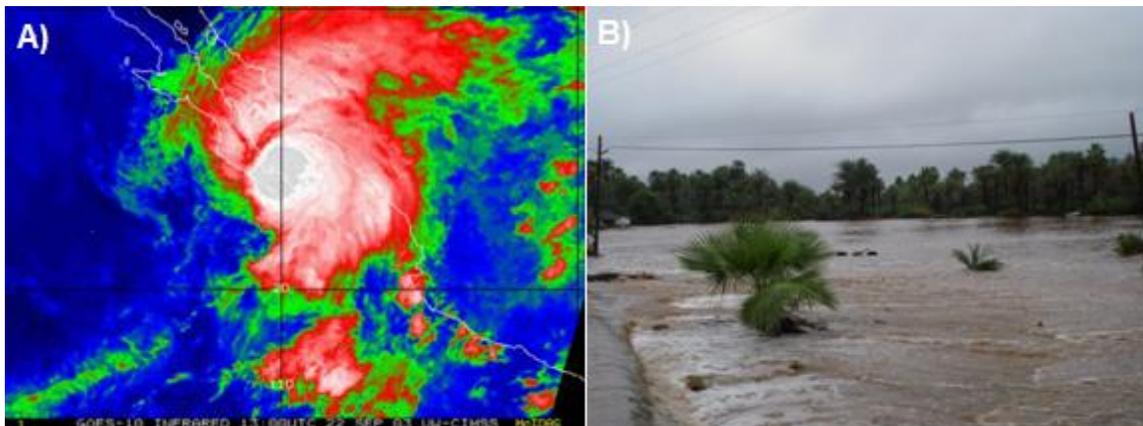


Figura 7. A) Imagen infrarroja satelital del Huracán “Marty” del 22 de septiembre de 2003 donde alcanzó su máxima intensidad (Huracán fase II en la escala de intensidad Saffir-Simpson) (SMN, 2003). B) Efectos de los fuertes flujos en el oasis de San Ignacio (puente de acceso) por el Huracán “Marty” el 22 de Septiembre de 2003. Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos.

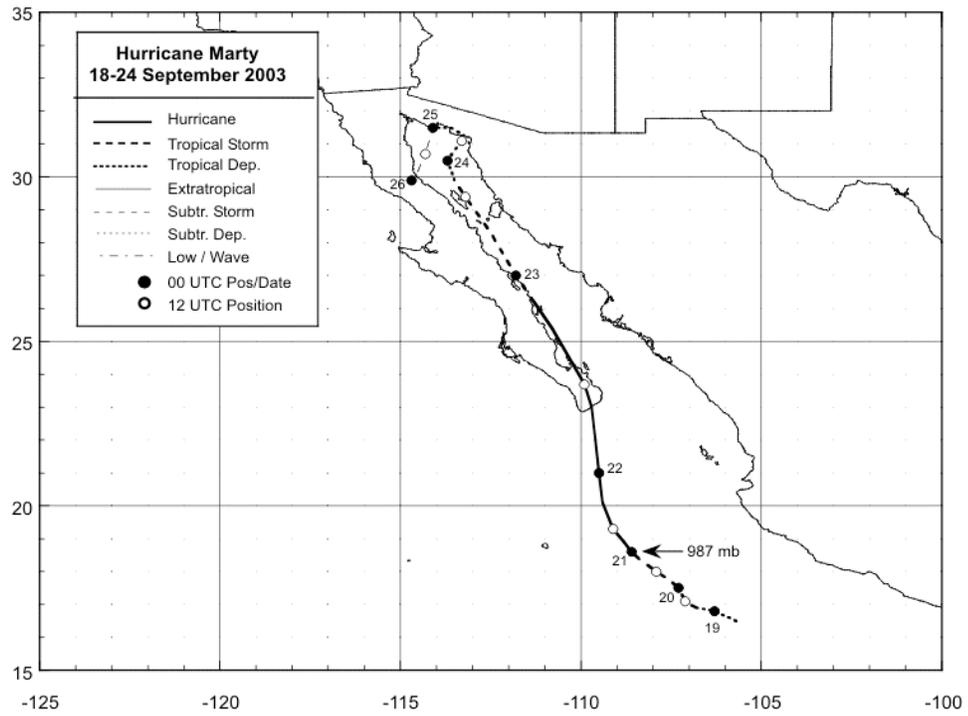


Figura 8. Ruta de desplazamiento del 18 al 24 de septiembre del Huracán Marty (SMN, 2003).

5. Metodología

Para la elaboración de la propuesta de plan de manejo de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*) en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, con base en sus atributos poblacionales y de hábitats, así como aspectos paisajísticos y amenazas que se pudieran presentar, en el presente estudio de carácter interdisciplinario se utilizó la metodología denominada FPEIR (Fuerzas motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta). La Unión Europea desde la década de 1990-2000 ha usado esta metodología en evaluaciones del desempeño ambiental (EEA, 2010) en particular aquellos vinculados con la sostenibilidad (Bobadilla *et al.*, 2013; Pulido, 2009). Este modelo empieza del hecho que el desarrollo humano (actividades sociales y económicas) ejercen una presión en el ambiente, ocasionando que el estado del ambiente se modifique, pudiendo ocasionar un impacto en la salud humana, en los ecosistemas y en los bienes materiales, produciéndose una respuesta en la sociedad que puedan modificar las fuerzas motrices originales, las presiones, los cambios en el ambiente y los impactos registrados (Azuz-Adeath *et al.*, 2010).

5.1 Estado

Para evaluar el Estado se tomó en cuenta la parte de ecología poblacional de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), la cual engloba la abundancia absoluta y relativa, estructura poblacional por tallas, los diferentes tipos de hábitats de distribución, y los aspectos paisajísticos del ecosistema tales como el número y tipo de parches, conectividad, fragmentación y tipo de distribución poblacional.

5.1.1 Ecología poblacional

Para la valoración de los diferentes tipos o unidades de hábitat que se identificaron en el área de estudio, se obtuvieron características físicas y biológicas de cada hábitat, siendo éstas el tipo de sistema acuático, la identificación de la vegetación terrestre y acuática, el tipo de sustrato y la medición “*in situ*” de parámetros fisicoquímicos del agua por medio de un equipo multianalizador Hydrolab Scout 2. Estos parámetros fueron oxígeno disuelto (mg/l), temperatura (°C), potencial de iones hidrógeno (pH), porcentaje de saturación de oxígeno (%), salinidad (‰) y conductividad (mS/cm). Los valores obtenidos fueron graficados con el programa Microsoft Excel 2010.

Para evaluar la abundancia de *Fundulus lima* en el área de estudio, se realizó un muestreo estandarizado durante el mes de marzo de 2017, con el fin de hacer una comparación con muestreos realizados anteriormente (Ruiz-Campos *et al.*, 2008, 2014b). Los peces fueron capturados mediante muestreos ictiológicos estacionales, en localidades selectas de oasis de la cuenca de San Ignacio, Baja California Sur (Fig. 9). En cada localidad de oasis se realizaron muestreos estandarizados con equipos de captura pasiva y activa. Los equipos de captura pasiva colocados fueron trampas tipo “minnow” con una dimensión de 41 cm de largo por 23 cm de ancho y una apertura de 3.8 cm cada una, las cuales fueron cebadas con malvaviscos para atraer visual y olfativamente a los peces. En cada localidad se colocaron 6 trampas de forma sistemática durante un tiempo de operación aproximado de 20 horas (Hubert, 2012), También se colocó una red agallera experimental con tramos de paño de 4.5 m largo x 1.80 alto y luz de malla internodal de 0.5, 1.5, 3 y 4 pulgadas). Las artes de captura activa colocadas fueron una atarraya 4 m de diámetro y 1 pulgada de luz de malla, y un chinchorro 7.8 m largo x 1.9 m alto x 3.5 mm luz de malla (Fig. 10).



Figura 9. Sitios de muestreo en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. (A) “El Tizón”, (B) “Manantial”, (C) “Poza Larga”, (D) “Los Corralitos” (E) “Los Pinos” y (F) “San Sabas” (Fotografías por Iván Alejandro Meza Matty y Gorgonio Ruiz Campos, 2017).

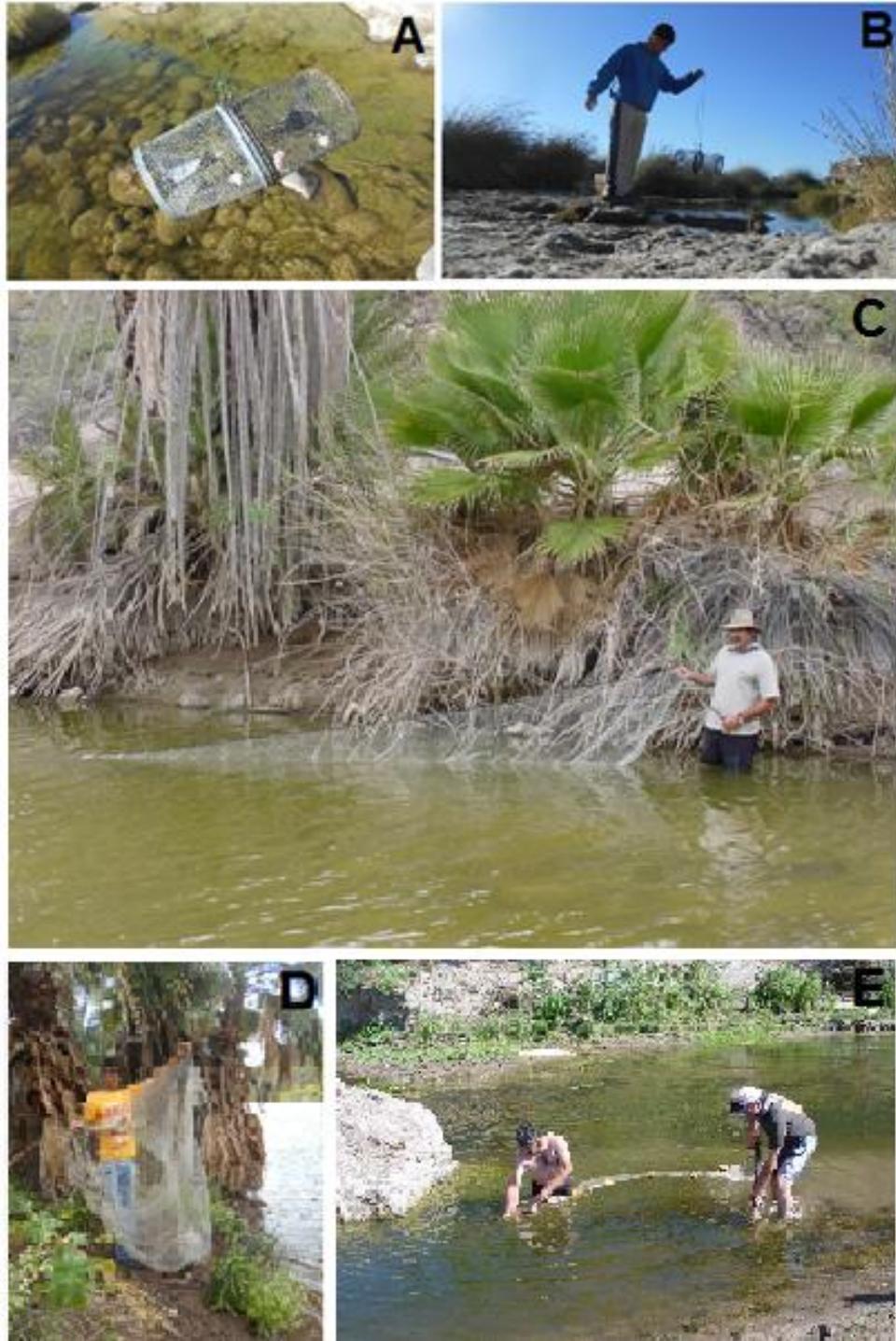


Figura 10. Artes de captura pasiva (A-C) y activa (D y E) que se utilizaron durante el muestreo ictiológico, en los distintos sitios de recolecta en la cuenca del Río San Ignacio, Baja California sur, México. (Fotografías por Iván Alejandro Meza Matty y Gorgonio Ruiz Campos, 2017).

Las artes de captura fueron recuperadas una por una al haber transcurrido el tiempo de operación planeado. Las especies capturadas fueron introducidas en un contenedor con agua de la misma zona de estudio, con el fin de cuidar la sobrevivencia de las especies ícticas capturadas, posteriormente se procedió a iniciar el conteo de los ejemplares capturados y la toma de datos biométricos. Cada espécimen capturado fue medido con un vernier (precisión 0.1 mm) en longitud total (LT), al término del proceso de medición de los ejemplares en cada trampa se procedió a devolverlos a su lugar de origen (Fig. 11).



Figura 11. Paso por paso en el manejo de un espécimen de *Fundulus lima* capturado con una trampa tipo “minnow” en la localidad “Los Corralitos”. (Fotografías por Iván Alejandro Meza Matty y Gorgonio Ruiz Campos, 2017).

Se calculó la abundancia relativa de la sardinilla peninsular en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, a nivel total (sexos combinados). La abundancia fue expresada como captura por unidad de esfuerzo (CPUE), esta expresión estandariza la abundancia absoluta en función del muestreo que se efectúe. Este procedimiento permite efectuar comparaciones entre las muestras obtenidas y otros eventos pasados o futuros (Nielsen, 1983). EL CPUE es calculado como número de individuos capturados/número de trampas/tiempo de operación de las trampas.

La estructura de talla de la población total en cada evento de muestreo fue graficada en un histograma de frecuencia de tallas, utilizando un ancho de clase de 1 mm. La estructura poblacional total fue comparada con las colectas efectuadas en años pasados (2002-2004, 2007 y 2012; cf. Ruiz Campos *et al.* 2014b).

5.1.2 Evaluación del patrón de paisaje

Para determinar la distribución espacial de la sardinilla peninsular se utilizaron métodos de análisis espacial que se integraron en el Sistema de Información Geográfica Quantum GIS versión 2.14.0, donde se documentaron las coordenadas de los sitios de muestreo, sobre una imagen georreferenciada Landsat/Copernicus del área de estudio tomada el 25 de octubre de 2014 vía Google Earth, con una resolución de 4800 x 4018; estos puntos se relacionaron con la abundancia del pez, para identificar el tipo de distribución de la población de acuerdo con lo señalado por López (2000) en el contexto de que “*Una metapoblación puede adquirir casi cualquier arreglo espacial dependiendo del tipo de organismo que se trate y del entorno*”. También, se hizo uso del ámbito de dispersión conocido de *Fundulus lima* (Ruiz-Campos *et al.*, 2008) para identificar las poblaciones locales.

Escofet (1994) indica que para caracterizar y analizar los diferentes tipos de hábitats para la evaluación del paisaje deben diferenciarse las características que

hay uno de otro, una metodología confiable es estudiarlos a cierta escala donde se perciba la separación de las características que hay uno de otro. Por ello se efectuó un análisis fotográfico y una evaluación satelital en el Sistema de Información Geográfica Quantum GIS versión 2.14.0 (Imágenes Landsat/Copernicus tomadas el 25 de octubre del 2014) en cada uno de los oasis evaluados en este estudio. Se identificaron las diferentes coberturas: sustratos rocosos y arenosos, zonas someras o profundas y diferentes tipos de vegetación acuática (*Scirpus californicus*, *Chara* sp. *Enteromorpha* sp., *Phragmites communis*, *Washingtonia robusta*, *Phoenix dactylifera*).

Posteriormente, se zonificó el área de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio con el propósito de obtener las unidades, las cuales se evaluaron y se caracterizaron individualmente.

5.2 Indicadores de estado

Para la obtención de los indicadores del estado se usó la variedad de hábitat, la conectividad y la distribución potencial, todas ellas calculadas para cada unidad. Para el primer indicador se hizo uso de la métrica del paisaje Número de Parches (PN) (Leitao *et al.*, 2006), el cual es la suma de todos los parches de diferentes tipos de hábitats en el paisaje y está dado por la fórmula:

$$PN = \sum_{i=1}^n p_i$$

Donde:

P_i = Tipo de parches i

Para el segundo caso que fue la conectividad, se utilizó la métrica ENN (Distancia euclidiana del vecino más cercano) (Leitao *et al.*, 2006), la cual se refiere a la distancia de un parche a otro de la misma cobertura; a esta métrica se le obtuvo el promedio por unidad mediante la siguiente fórmula:

$$ENN_{MN} = \frac{\sum_{j=1}^{n^i} bij}{n^i}$$

Donde:

bij = La distancia al parche más cercano del mismo tipo i a un parche específico j .

n^i = El número de parches correspondientes al mismo tipo de hábitat.

Para el tercer indicador que es la distribución potencial (DIPOT), se efectuó una relación entre el tipo de hábitat y la abundancia absoluta de la sardinilla peninsular. Los datos de abundancia fueron normalizados con el método de Weitendorf (Turskis *et al.*, 2009):

$$by = \frac{ay - \min ay}{\max ay - \min ay}$$

Donde:

ay = Valor a normalizar.

$\max ay$ = Valor máximo de los datos.

$\min ay$ = Valor mínimo de los datos.

Se utilizó el anterior método para ponderar las diferentes unidades de hábitat y la abundancia absoluta de la especie endémica *Fundulus lima*. Para realizar la respectiva clasificación de DIPOT, se tomaron como criterios los puntos la abundancia de especímenes de *Fundulus lima* en un determinado tipo de hábitat, durante el muestreo más reciente en las localidades estudiadas (“Manantial”, “Poza Larga”, “Los Corralitos”, “Los Pinos” y “San Sabas”, 2017. “El Tizón”, 2012) y preferencia de hábitat mediante observaciones realizadas durante el respectivo estudio y antecedentes (Ruiz-Campos *et al.*, 2008, 2014a; Ruiz-Campos, 2012). Este último criterio se tomó en cuenta, debido a que no en todas las unidades de hábitat identificadas, se presentaron capturas de la especie endémica *Fundulus lima* durante los muestreos, sin embargo, algunos presentan más que otros, las condiciones necesarias para la supervivencia de la especie endémica *Fundulus lima*. Con dichos criterios se arrojó el valor de DIPOT respectivamente para cada tipo de hábitat.

5.3 Fuerzas Motrices, Presión e Impacto

5.3.1 Análisis documental

Para la identificación de las fuerzas motrices se realizó un análisis documental, el cual se describe como una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir o representar los documentos de manera unificada sistemática para facilitar su recuperación. Comprende el procesamiento analítico-sintético que, al mismo tiempo, abarca la descripción bibliográfica y general de la gente, la clasificación, indización, anotación, extracción, traducción y confección de reseñas. (Dulzaides-Iglesias y Molina-Gómez, 2004).

El tratamiento documental se refiere a la extracción científico-informativa, una extracción que se propone ser un reflejo objetivo de la fuente original, sin embargo, soslaya los nuevos mensajes subyacentes en el documento.

Para el acceso a los documentos y elegir aquellos que serán relevantes para cierto perfil de interés, es necesario realizar un tratamiento documental previamente, a partir de una estructura de datos que responda a la descripción general de los elementos de los que está conformado. Incluye la descripción bibliográfica o área de identificación (autor, título, datos de edición, etc.), así como una descripción del contenido de los términos más significativos (Dulzaides-Iglesias y Molina-Gómez, 2004).

5.3.2 Cuestionarios

Se aplicaron 41 cuestionarios en el área de estudio, de los cuales 17 fueron a mujeres y 24 a hombres, todo ello con el fin de conocer el conocimiento tanto de mujeres como de hombres sobre los peces y oasis de la cuenca del Río San Ignacio, promoviendo así la participación de ambos géneros, ya que la opinión de las mujeres es igual de importante que la de los hombres (Soares *et al.*, 2005). Para la elaboración del cuestionario, primeramente, se analizó la base datos del Censo de Población y Vivienda de 2010, implementado por INEGI, información sobre los habitantes de la localidad de San Ignacio. Posteriormente, durante el diseño del cuestionario, se tomó como base las tres categorías implementadas por Jullian-Montañez (2007) en los oasis de la Purísima y San Isidro (Anexo II.1. Cuestionario). En la tercera sección del cuestionario (*PREGUNTAS SOBRE LOS PECES DE LAS POZAS*), en la pregunta 17.2, se optó por mostrarle a cada entrevistado, un catalogo de imágenes de especies ícticas registradas en el área de estudio, en caso de que alguno de los entrevistados no recordara el nombre o forma de alguna especie íctica durante la pregunta anterior (17.1), debido a que ciertas especies ícticas son difíciles de observar a simple vista, o solo se presentan en ciertas épocas del año en las orillas de los oasis, o tienen tiempo de ya no vivir en ese cuerpo de agua por algún impacto, como la competencia con otras especies (extirpación) (Anexo II.2. Catálogo de imágenes para identificación de especies ícticas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio).

El muestreo efectuado en el cuestionario se aplicó de tipo intencional (Pimienta-Lastra, 2000). La comunidad de San Ignacio se dividió en tres áreas delimitadas, donde se tomó una muestra de entrevistados de cada zona, debido a que cada área delimitada, rodea dos de las localidades estudiadas (“El Tizón” y “Manantial”). Las personas entrevistadas fueron aquellas cuya edad era mayor a 15 años, en especial aquellas personas que tuvieran una edad mayor a 50 años, debido a que este grupo de personas, podría brindar mayor información de lo que se quiere obtener. En un principio se entrevistarían a aquellas que se encontraban en las calles, casas o establecimientos comerciales de San Ignacio. Sin embargo, debido a que el cuestionario fue implementado los días sábado y domingo de la primera semana de marzo de 2017, se optó por realizarlo en los alrededores de la Misión de San Ignacio, la cual es visitada constantemente por la mayoría de los pobladores durante esos días. A cada entrevistado le fue mostrado una imagen satelital Landsat del poblado de San Ignacio tomada el 25 de octubre de 2014, en la cual venían delimitadas las tres zonas, dándole la oportunidad al entrevistado de indicar en cuál de ellas vivía (Fig. 12). Dichos criterios fueron elegidos debido a las costumbres realizadas por los pobladores de San Ignacio.

El análisis del cuestionario se centró en destacar las frecuencias de las respuestas obtenidas, con el fin de determinar la distribución de opiniones de los entrevistados, con relación a los cambios presentados durante el transcurso de los años en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio.



Figura 12. Imagen mostrada al entrevistado de la localidad de San Ignacio para indicar en qué zona vivía (Imagen obtenida de Google Earth, 2017).

5.3.3 Método “La planificación para conservación de los sitios”

Posteriormente se aplicó el método propuesto por The Nature Conservancy “La planificación para la conservación en sitios” el cual incluye la identificación de los objetos de conservación, la identificación de los impactos y sus fuentes, la evaluación de los grupos o individuos que hacen uso de los recursos, y el desarrollo de estrategias de conservación para los impactos y sus fuentes (Andrade *et al.*, 1999).

En la identificación de impactos y sus fuentes se realizó una matriz numérica con coeficientes de ponderación, la cual permitió priorizar las amenazas. Esta ponderación se dividió en cuatro categorías: 4 (muy alto), 2 (alto), 1 (medio) y 0.5 (bajo). Para construir la matriz, primero se evaluó el objeto de conservación tomando los siguientes criterios para estos atributos:

Contribución al macroecosistema, la cual es la importancia para el sistema global, donde un valor de 4 es una contribución muy importante, 2 es una contribución importante, 1 es poca contribución, y 0.5 equivale a casi ninguna contribución. La rareza, la cual nos indica el reconocimiento de alguna presencia de especies en peligro de extinción o amenazadas; ésta se pondera con 4 si está en peligro de extinción, 2 está amenazada, 1 está vulnerable, y 0.5 está indeterminada. La calidad, en este criterio fue tomado en cuenta el estado de conservación del sistema, dándole un valor de 4 a uno de los mejores o únicos ejemplos de conservación del sistema a escala mundial o macrorregional, 2 si es un buen ejemplo de este sistema en el mundo o macrorregión, 1 si es un ejemplo promedio de este sistema en el mundo o macrorregión, y 0.5 si es un ejemplo no destacado de este sistema a escala mundial o macrorregional. Y por último el valor como herramienta o carisma, donde es tomado el valor potencial económico, político, ecoturístico y educacional, además de la presencia de especies bandera; es ponderando con 4 en el caso de ser muy importante o potencialmente importante, 2 si es útil o potencialmente útil, 1 si tiene un valor limitado, y 0.5 si su valor es escaso. El valor para el objeto de conservación es obtenido promediando la puntuación de cada atributo.

Después fueron evaluados los impactos haciendo uso de las perspectivas de severidad (que está causando el impacto) y el alcance (que está afectando el impacto) con los siguientes criterios:

Para la severidad se dio un valor de 4 a la destrucción o eliminación de ese sistema, 2 a la degradación significativa de ese ecosistema, 1 para alguna degradación del sistema, y 0.5 para un deterioro leve del sistema. Y para el alcance, se asignó 4 a todo el sistema, 2 a buena parte del sistema, 1 a algunas partes del sistema, y 0.5 a partes pequeñas o aisladas del sistema. El valor de los impactos se obtiene del promedio de estas dos perspectivas.

Por último, las fuentes fueron evaluadas con las contribuciones actuales y futuras de los impactos, basándose en los siguientes criterios:

Ponderando a la contribución actual, se dio un valor de 4 cuando ésta representa la principal causa de este impacto, 2 a una causa adicional e importante de este impacto, 1 a una causa menor de este impacto, y 0.5 a una causa irrelevante de este impacto. Y a su contribución futura, se le asignó 4 en el caso de llegar a ser la causa principal de este impacto, 2 si será una causa adicional e importante de este impacto, 1 si será una causa menor de este impacto, y 0.5 si no contribuirá en forma significativa a este impacto. El valor de la fuente se obtuvo del promedio de la contribución actual y futura.

5.3.4 Análisis de riesgo (FISK)

Así mismo, debido a que el mayor impacto encontrado en el análisis de amenazas, fue la competencia con especies ícticas exóticas, se procedió a realizar un análisis de riesgo con el Freshwater Fish Invasiveness Scoring Kit (FISK por sus siglas en inglés). Esta herramienta fue creada por el Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science del Reino Unido. Dicho análisis consiste en un protocolo de identificación de riesgo útil para identificar especies con potencial invasor y que facilita el acceso a las normatividades y estrategias relativas a la prevención de invasiones por EEIs. El análisis de riesgo en este estudio fue implementado en cada una de las especies exóticas (*Tilapia cf. zillii*, *Cyprinus carpio*, *Xiphophorus hellerii*, *Poecilia reticula* y *Gambusia affinis*) que habitan en los oasis del Río San Ignacio.

Esta herramienta se adaptó a partir del Análisis de Riesgo de Malezas - WRA (Pheloung *et al.*, 1999) para el análisis de riesgo de peces dulceacuícolas exóticos del Reino Unido (Copp *et al.*, 2005). Posteriormente, se incorporó dentro del esquema de evaluación de riesgo de Gran Bretaña, como una herramienta para identificar a especies con potencial invasor (Baker *et al.*, 2008). Con el paso de los años se adaptó también a peces marinos, invertebrados marinos y anfibios.

Cabe mencionar que FISK no está diseñado como una herramienta para la toma de decisiones, sin embargo, sirve como apoyo para los tomadores de decisiones para desarrollar normatividad, políticas y estrategias de manejo, con el fin de resolver los problemas que presentan las especies exóticas (Copp *et al.*, 2009).

FISK está compuesta por 49 preguntas secuencialmente, cada una de ellas requiere un nivel de confianza (una medición de la certeza de la respuesta) y una justificación. A partir de las respuestas calibradas (Copp *et al.*, 2009), una puntuación numérica es calculada usando los niveles umbrales:

Aceptado (< 0 = bajo riesgo)

Evaluado (1-18 = riesgo medio)

Rechazado (≥ 19 = alto riesgo)

5.4 Indicadores de Fuerzas Motrices, Presión e Impacto

Los indicadores utilizados para evaluar este apartado fueron los impactos al sistema y la fragmentación, el valor del primer indicador se obtuvo multiplicando los impactos y las fuentes, y el segundo caso se hizo uso de la métrica del paisaje Proximity (PROX) (Leitao *et al.*, 2006); esta última, fue calculada realizando una circunferencia de una distancia determinada (en este caso metros), tomando como centro un parche objetivo. Posteriormente se dividió el área del parche más cercano al parche objetivo (de la misma zona) entre la distancia de los mismos, y así obteniendo un promedio de todos los valores por unidad y su fórmula es como se presenta a continuación:

$$\text{PROX_MN} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \frac{a_{ijs}}{b_{ijs}^2}}{n_1}$$

Dónde:

a_{ijs} = Área del parche más cercano.

b_{ijs}^2 = Distancia entre el parche más cercano y el parche objetivo.

n_1 = Total de parches correspondientes a la misma altura

5.5 Respuesta

Los indicadores de presión y estado fueron normalizados con el método de Weitendorf (Turskis *et al.*, 2009), para utilizarlos en el índice de Presión y Estado (PreEst), el cual fue aplicado para cada unidad y estuvo dado por la fórmula:

$$PreEst = \sum Estado + \sum Presión$$

El resultado del índice se visualizó espacialmente en el mapa realizado en QGIS 2.14.0 y por medio del método de cuartiles, fueron generadas cuatro clasificaciones para identificar la calidad del estado.

Posteriormente se realizó una matriz de clasificación de los posibles actores potenciales para el manejo del área de estudio, de acuerdo con lo dice Sorensen *et al.* (1992), quienes clasificaron de la siguiente manera los actores potenciales: locales, regionales, nacionales e internacionales; siendo estos actores los funcionarios públicos, agencias de gobierno, sector privado, instituciones de asistencia, comunidad científica, OSC's y vecinos.

Así mismo, fue elaborado un análisis FODA para identificar a nivel sistema cuales son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del sistema, tomando en cuenta lo que aconseja Blake y colaboradores (2005), donde las fortalezas son características que proporcionan calidad al sistema, las oportunidades son situaciones favorables para el ambiente que puedan efectuarse para mejorar o mantener su estado, las debilidades son características que afectan o mantienen una escasa calidad al sistema, y las amenazas son acciones que probablemente

provoquen una disminución en la calidad del sistema incluso la desaparición del mismo.

Por último fueron tomados del análisis de amenazas los impactos categorizados para la realización de propuestas de manejo a nivel unidad. Finalmente del análisis FODA se tomaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para las propuestas a nivel sistema.

6. Resultados

Parámetros fisicoquímicos

Los valores promedios obtenidos de los parámetros fisicoquímicos en las diferentes localidades de los muestreos en este estudio (actuales e históricos) se ofrecen en la Tabla 3. El valor de temperatura más alto fue de 33.9 °C en la localidad “San Sabas” el día 5 de julio de 2007; mientras que la temperatura más baja obtuvo un valor de 16.4 °C, registrada en la localidad “Los Pinos”. La salinidad mostró una tendencia de río arriba a río abajo, con un valor de (<0.1 ‰) en octubre de 2002 (“El Tizón”) siendo éste el más bajo y el más alto (4.3 ‰) en julio de 2004 (Poza “San Sabas”). El potencial de hidrógeno (pH) en la cuenca del Río San Ignacio osciló entre 7.02 (“El Tizón”, octubre de 2002) y 11.45 (Poza “San Sabas”, julio de 2007). Otros parámetros fisicoquímicos en las localidades estudiadas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores promedio de variables físico-químicas registradas durante 2002-2017 en las localidades estudiadas en los oasis de la cuenca hidrológica del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. * = No hubo muestreo.

Localidad	Fecha d/m/a	Hora	Temperatura (°C)	Oxig. (mg/l)	Conductividad (mS/cm)	pH	S (‰)	TDS (g/l)
“El Tizón”	26/10/2002	08:57	22.87	5.48	0.122	7.02	0.1	0.078
	06/02/2003	11:30	*	8.15	0.128	7.1	0.1	0.082
	05/07/2004	09:59	27.34	7.49	1.49	8.63	0.8	0.95
	05/07/2007	10:38	28.55	3.77	1.11	9.56	0.6	0.71
	14/12/2012	14:35	27.49	*	1.009	9.6	0.5	0.654
	31/10/2014	14:42	29.6	4.24	1.4	*	*	0.7
“Manantial”	14/03/1993	15:35	27.9	5.9	1.11	7.55	0.6	0.72
	21/05/1993	16:35	28.3	6.4	1.39	7.36	0.7	0.89
	14/04/2002	16:57	29.1	3.2	1.21	6.6	0.1	0.78
	06/02/2003	10:53	19.15	10.91	0.128	8.34	0.1	0.082
	29/03/2004	11:03	24.38	12.82	0.143	8.03	0.1	0.092
	05/07/2007	10:37	28.5	3.8	1.11	9.59	0.6	0.71
	18/09/2009	12:57	30.4	3.7	1.3	9.49	0.7	0.79
21/01/2012	16:03	21.8	*	1.18	9.19	0.6	0	

	13/12/2012	14:35	27.3	*	1.01	9.57	0.5	0.65
	31/10/2014	13:05	30.7	4.78	1.007	9.57	0.64	0.55
	05/03/2017	11:15	27.64	*	1.168	*	*	0.58
"Poza Larga"	15/04/2002	13:05	20.9	4.4	0.34	7.78	0.2	0.21
	24/10/2002	11:07	19.13	8.75	0.604	8.8	0.3	0.388
	05/02/2003	11:55	16.94	10.77	0.407	8.49	0.2	0.26
	22/09/2003	18:12	26.6	*	0.39	7.98	0.2	0.246
	27/03/2004	18:47	22.67	10.05	0.386	7.9	0.2	0.247
	04/07/2004	14:05	27.21	11.32	4.81	9.27	2.6	3.08
	05/07/2007	12:08	26.72	5.21	3.77	10.42	2.1	2.477
	05/03/2017	14:25	21.2	*	1.63	*	*	0.81
"Los Corralitos"	25/10/2002	15:01	24.98	10.89	0.565	8.98	0.3	0.37
	05/02/2003	13:53	16.45	12.43	0.424	9.17	0.2	0.288
	22/09/2003	16:20	26.6	*	0.61	8.48	0.3	0.36
	28/03/2004	13:54	24.1	14.1	0.43	8.62	0.2	0.27
	04/07/2004	12:35	26	12.83	5.55	10.34	3.1	3.55
	05/07/2007	14:24	29.43	5.58	4.7	11.43	2.6	2.996
	04/03/2017	13:27	20.16	7.15	2.95	9.86	*	2.5
"Los Pinos"	28/03/2004	15:00	16.4	12.8	0.44	8.5	0.2	0.29
	05/07/2007	15:17	29.4	5.6	5.55	11.4	3.1	3.55
	04/03/2017	14:40	20.94	11.2	2.69	9.94	*	2.03
"San Sabas"	05/02/2003	16:55	17.12	11.52	1.11	8.98	0.6	0.716
	22/09/2003	11:57	25.3	4.2	1.48	8.44	0.8	0.95
	28/03/2004	16:12	26.1	15.85	0.543	8.67	0.3	0.349
	04/07/2004	11:30	24.95	9.47	7.76	10	4.3	4.99
	05/07/2007	15:20	33.96	5.46	6.776	11.45	3.8	4.403
	04/03/2017	14:40	20.94	11.2	2.69	9.94	*	2.03

Fuente:

Notas de campo Dr. Gorgonio Ruiz Campos

Ruiz-Campos *et al.*, 2014b

Ruiz-Campos *et al.*, 2012

Ruiz-Campos *et al.*, 2008

Muestreos realizados 4-5 de marzo de 2017

Abundancia relativa y estructura poblacional

Seis especies ícticas se registraron en el área de estudio, una nativa (*Fundulus lima*) y cinco exóticas (*Cyprinus carpio*, *Gambusia affinis*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii*, y *Tilapia cf. zillii*) (Fig. 13). En el Anexo I.1 se ofrece una breve descripción de las especies ícticas exóticas registradas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio.

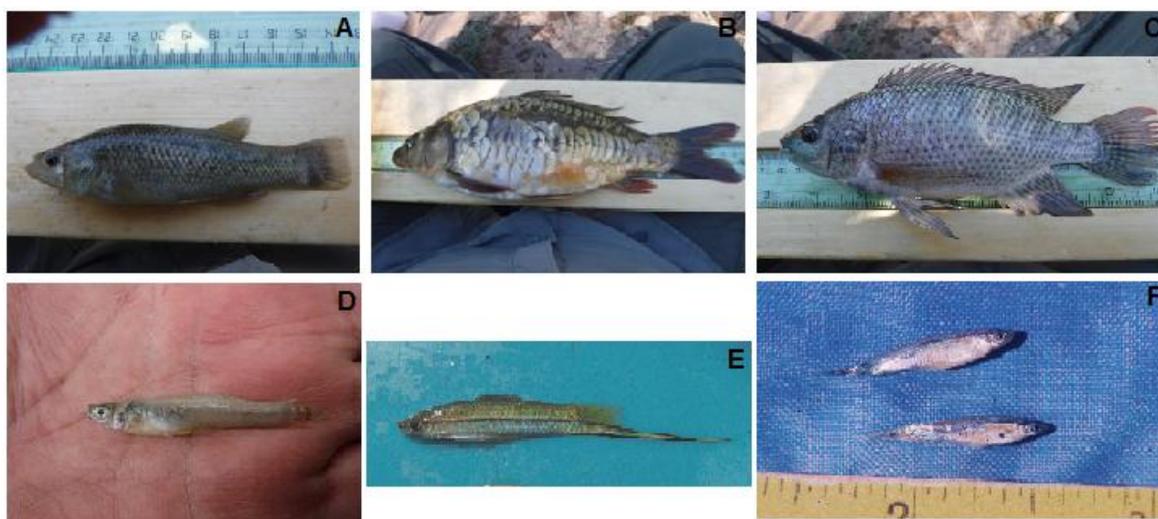


Figura 13. Especies ícticas registradas durante los muestreos en las localidades del área de estudio. La especie nativa *Fundulus lima* (A) y las exóticas *Cyprinus carpio* (B), *Tilapia cf. zillii* (C), *Gambusia affinis* (D), *Xiphophorus hellerii* (E) y *Poecilia reticulata* (F). Fotografías por Iván Alejandro Meza Matty y Gorgonio Ruiz-Campos, 2017.

A continuación se describe para cada localidad y fecha de muestreo la abundancia absoluta (CPUE) y relativa (%) del pez nativo *Fundulus lima* y de las especies ícticas exóticas asociadas. Se obtuvieron los valores de CPUE de cada especie íctica por sitio y fecha de muestreo realizado en este trabajo y anteriores, dentro de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, con las diferentes artes de pesca utilizadas (Tabla 4), y solamente el valor de la CPUE obtenida de las trampas tipo “minnow” se presentan en las gráficas 3-6 y 9-10.

Tabla 4. Captura-por-unidad-esfuerzo (CPUE) para las especies ícticas por localidad de recolecta y método de captura en la cuenca del Río San Ignacio. Los muestreos fueron realizados de 2002 a 2017. Las artes de pesca son indicadas como: MT (trampa, individuos/trampa/h), GN (red agallera experimental, individuos/h), SN (chinchorro, individuos/m²), y CN (atarraya, individuos/lance). N, es el número de peces capturados por tipo de arte de recolecta durante el evento de muestreo). FL (*Fundulus lima*), XH (*Xiphophorus hellerii*), PR (*Poecilia reticulata*), CC (*Cyprinus carpio*), TZ (*Tilapia cf. zillii*), GA (*Gambusia affinis*).

CUENCA	ESPECIES						N
Sitio (arte, número, fecha) RÍO SAN IGNACIO	FL	XH	PR	CC	TZ	GA	
"El Tizón"							
(MT, 10, 26 Oct. 02)	0.03	0.03	0	0	0.29	0	60
(MT, 10, 06 Feb. 03)	0.03	0.04	0	0	1.04	0	189
(MT, 10, 29 Mar. 04)	0.01	1.73	0.07	0	1.8	0	614
(MT, 10, 05 Jul. 04)	0	0.06	0.11	0	0.32	0	83
(MT, 03, 05 Jul. 07)	0	0.04	0.03	0	1.2	0	93
(MT, 04, 02 Ago. 12)	5.48	0	0	0	0	0	157
"Manantial"							
(MT, 10, 6 Feb. 03)	0.02	0.06	0.06	0	1.79	0	328
(MT, 10, 29 Mar. 04)	0	0.01	0	0	0	0	2
(GN, 01, 29 Mar. 04)	0	0	0	0.14	0.88	0	17
(MT, 03, 05 Jul. 07)	0	0.18	0.03	0.00	1.24	0	103
(MT, 05, 02 Ago. 12)	2.43	0.58	0	0	2.93	0	213
(MT, 06, 13 Dic. 12)	0.01	0.00	0	0	0	0	1
(MT, 06, 30 Oct. 14)	0.06	1.21	0	0	0.64	0	237
(CN, 12, 18 Ene. 16)	0	0	0	0	16.42	0	197
(MT, 04, 19 Ene. 16)	0.02	0	0.219	0	1.05	0	124
(GN, 01, 19 Ene. 16)	0	0	0	0	0.67	0	16
(MT, 06, 22 Feb. 16)	0	0.03	0	0	2.81	0	408

(CN, 16, 22 Feb. 16)	0.063	0	0	0	6.56	0	106
(MT, 06, 05 Mar. 17)	0	0.01	0.03	0	3.56	0.01	328

“Poza Larga”

(CN, 01, 26 Oct. 02)	24.83	9.66	0	10.83	0	0	91
(MT, 10, 06 Feb. 03)	0.33	0.3	0.69	0	0	0	224
(GN, 01, 06 Feb. 03)	0.24	0	0	0	0	0	4
(MT, 10, 22 Sep. 03)	5.4	0.22	0.51	0	0	0	1042
(GN, 01, 22 Sep. 03)	5.6	0.3	0	0	0	0	100
(MT, 10, 29 Mar 04)	0.02	0.3	0	0	0	0	54
(GN, 01, 29 Mar. 04)	2.98	0	0	0.23	0.06	0	56
(MT, 10, 05 Jul. 04)	2.42	0.03	0.01	0.02	0.39	0	488
(GN, 01, 05 Jul. 04)	1.77	0	0	0.51	0.19	0	42
(MT, 03, 05 Jul. 07)	0.01	0.12	0.01	0.05	1.21	0	129
(MT, 06, 21 Feb. 16)	0	0	0	0.08	0.05	0	18
(GN, 01, 21 Feb. 16)	0	0	0	3.79	0	0	91
(CN, 01, 05 Mar. 17)	0	0	0	0	0	0	0

“Los Corralitos”

(SN, 10, 26 Oct. 02)	5.9	0	0	0	0	0	213
(MT, 10, 06 Feb. 03)	0.04	0	0	0	0.02	0	10
(GN, 01, 06 Feb. 03)	0.24	0	0	0	0.19	0	7
(MT, 10, 22 Sep. 03)	1.9	0	0	0	0.4	0	391
(GN, 01, 22 Sep. 03)	0	0	0	0.05	0.05	0	2
(MT, 10, 29 Mar. 04)	0.07	0	0	0	0	0	12
(GN, 01, 29 Mar. 04)	0.66	0	0	0.1	0.05	0	14
(MT, 10, 05 Jul. 04)	0.51	0	0	0	0.02	0	90
(GN, 01, 05 Jul. 04)	0	0	0	0.23	0.09	0	5
(MT, 03, 05 Jul. 07)	0.14	0.01	0.01	0.02	3.14	0	321
(GN, 01, 05 Jul. 07)	0	0	0	0.13	0.29	0	10
(MT, 06, 04 Mar. 17)	0.048	0	0	0	0.33	0	47

(CN, 01, 04 Mar. 17)	0	0	138	0	1088	0	1226
(GN, 01, 04 Mar. 17)	0	0	0	0.148	0.099	0	5

“Los Pinos”

(MT, 04, 05 Jul. 07)	0.24	0	0	0	1.59	0	169
(MT, 06, 04 Mar. 17)	0.007	0	0.03	0	0.045	0	11

“San Sabas”

(CN, 01, 06 Feb. 03)	6.7	0	0	0	0	0	40
(MT, 10, 22 Sep. 03)	4.6	0	1.6	0	0	0	1054
(MT, 10, 29 Mar. 04)	1.2	0	0	0.01	0.01	0	207
(GN, 01, 29 Mar. 04)	1.01	0	0	0.05	0.05	0	19
(MT, 10, 05 Jul. 04)	2.49	0.09	0.01	0	0.07	0	452
(GN, 01, 05 Jul. 04)	0	0	0	0	0.23	0	4
(MT, 03, 05 Jul. 07)	0.28	0	0	0	1.84	0	169
(MT, 06, 04 Mar. 17)	0	0	0	0	0	0	0
(GN, 01, 04 Mar. 17)	0	0	0	0.45	0	0	10
(CN, 01, 05 Mar. 17)	0	0	0	0	51.66	0	155

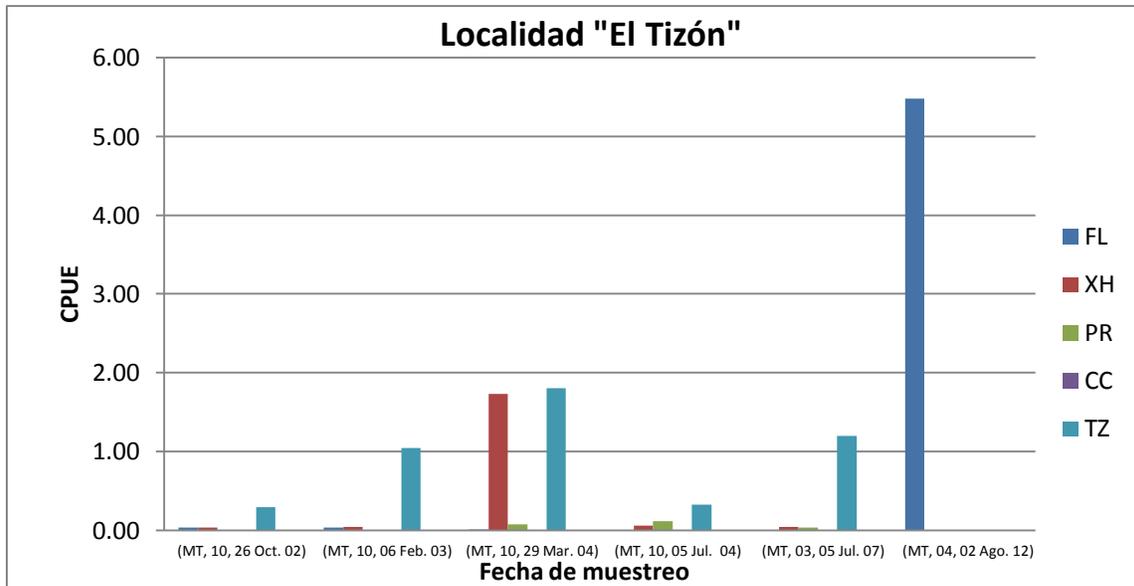
Fuente:

Ruiz-Campos *et al.*, 2008

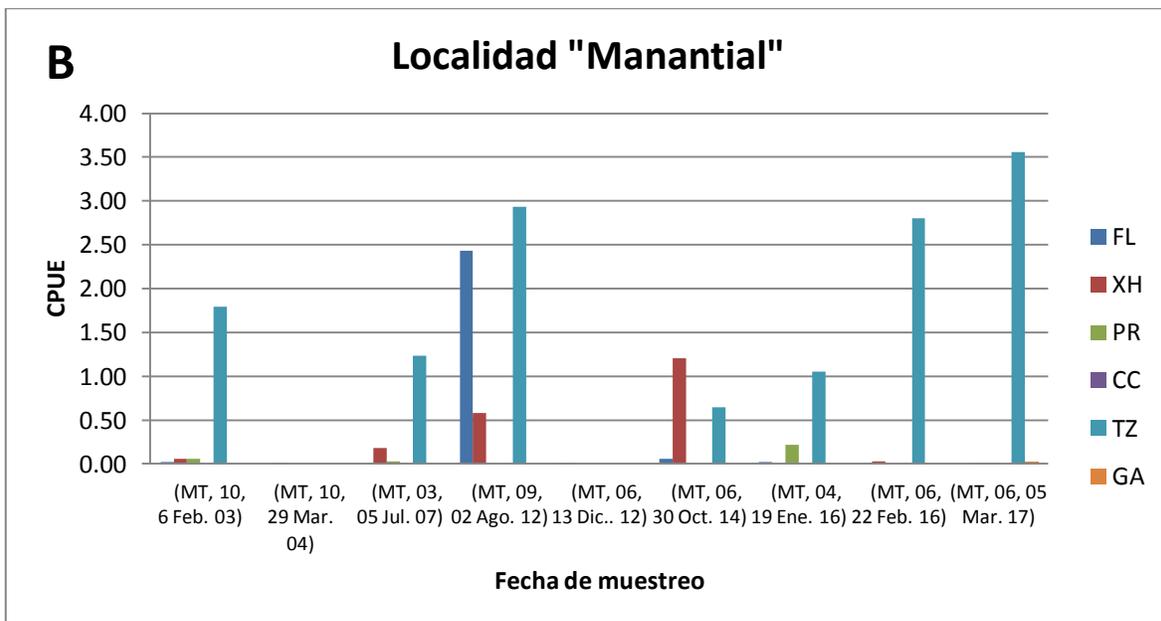
Ruiz-Campos *et al.*, 2014b

Celaya-Delgado *et al.*, 2016

Muestreos realizados los días 4-5 de marzo de 2017



Gráfica 3. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “El Tizón”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017. FL = *Fundulus lima*, XH = *Xiphophorus helleri*, PR = *Poecilia reticulata*, CC = *Cyprinus carpio*, TZ = *Tilapia zillii*

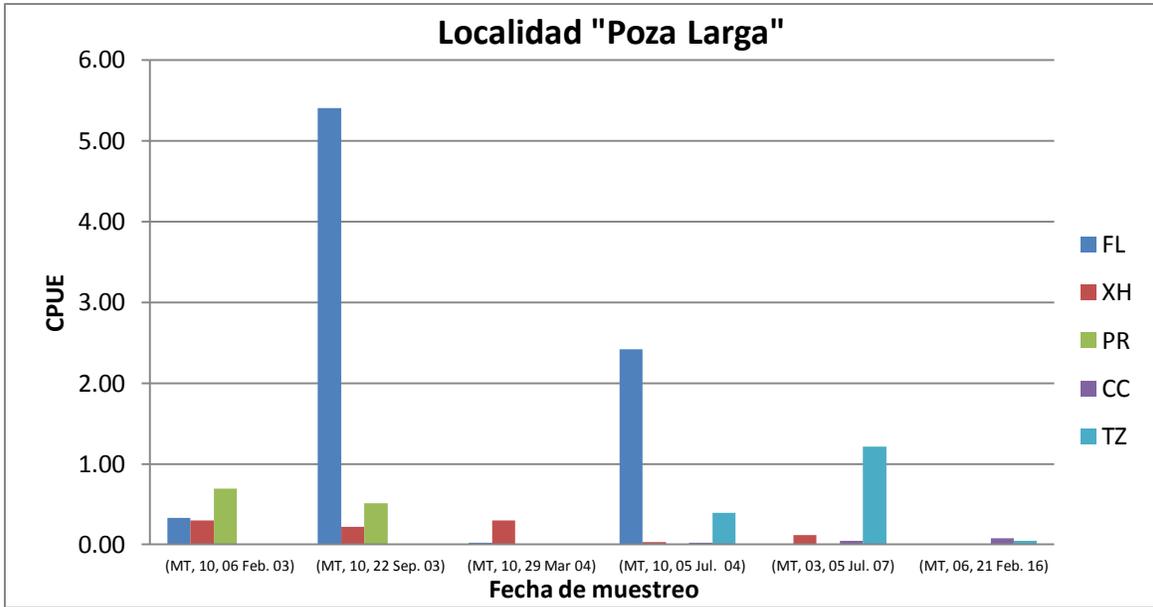


Gráfica 4. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo “minnow” en la localidad “Manantial”, de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017. FL = *Fundulus lima*, XH = *Xiphophorus helleri*, PR = *Poecilia reticulata*, CC = *Cyprinus carpio*, TZ = *Tilapia zillii*, GA = *Gambusia affinis*.

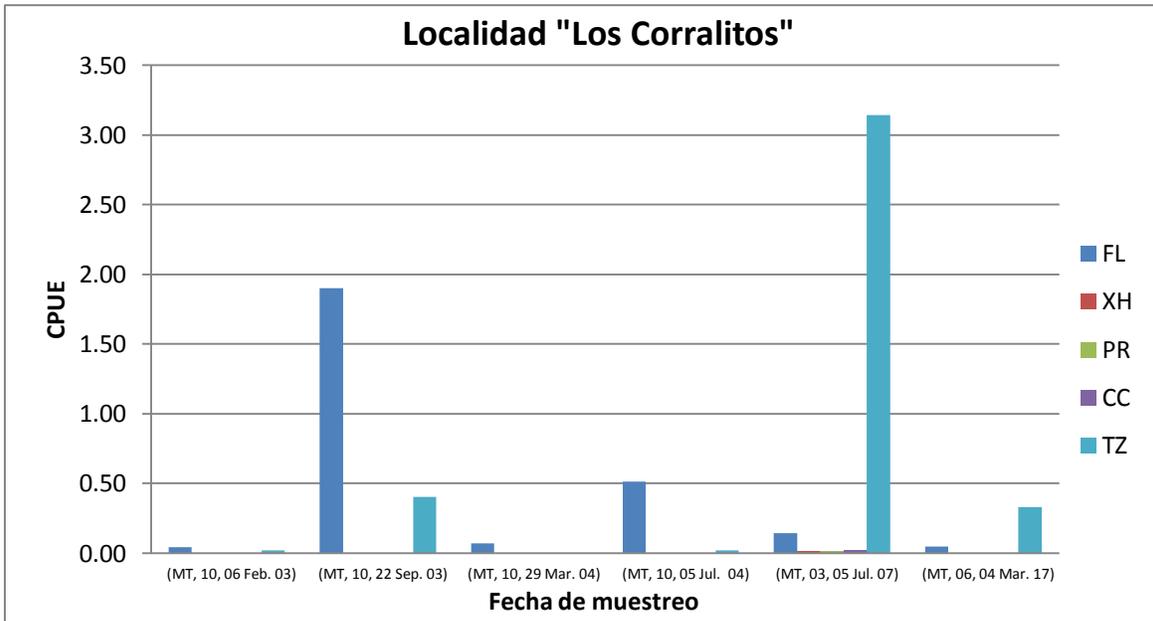
1. “El Tizón” (27°17'53.2"N, 112°53'12.3"W, altitud 128 msnm). Este oasis (Gráfica 3) se encuentra ubicado a 200 metros río abajo de la localidad “Manantial”, cercano al angostamiento del cuerpo de agua debido al crecimiento de carrizo. Tres especies ícticas fueron capturadas el 26 de octubre de 2002, una nativa (*Fundulus lima*) y dos exóticas (*Xiphophorus hellerii* y *Tilapia* cf. *zillii*), con una CPUE (ind./trampa/h) mayor para *Tilapia* cf. *zillii* (0.295, 84.0%) que en *Xiphophorus hellerii* (0.028, 8.0%) y *Fundulus lima* (0.028, 8.0%). El 6 de febrero de 2003, la CPUE (ind./trampa/h) fue dominada nuevamente por *Tilapia* cf. *zillii* (1.04, 93.5%) sobre *Xiphophorus hellerii* (0.043, 3.9%) y *Fundulus lima* (0.029, 2.6%). El 30 de marzo de 2004, la CPUE (ind./trampa/h) fue dominada por *Tilapia* cf. *zillii* (1.8, 49.8%) y *Xiphophorus hellerii* (1.73, 47.8%), mientras que fue bastante baja para *Poecilia reticulata* (0.071, 2.0%) y *Fundulus lima* (0.014, 0.4%). El 5 de julio de 2004, la CPUE (ind./trampa/h) fue dominada por *Fundulus lima* (2.43, 84.3%), en cambio *Tilapia* cf. *zillii* registró 0.39 ind./trampa/h (13.5%). El 5 de julio de 2007, la CPUE (ind./trampa/h) fue dominada por *T. cf. zillii* (1.2, 95.4%), mientras que *Xiphophorus hellerii* (0.04, 2.8%) y *Poecilia reticulata* (0.03, 1.8%) exhibieron valores bastante bajos, y *Fundulus lima* estuvo ausente. Por último, el 2 de agosto de 2012, reapareció la especie endémica *Fundulus lima*, con la mayor CPUE registrada en esta localidad desde los muestreos de 2002, con un valor de 5.48 ind./trampa/h.

2. “**Manantial**” (27°17'56.0” N, 112°53'39.0”W, altitud 125 msnm). En este sitio (Gráfica 4) se capturaron cinco especies ícticas, una nativa (*Fundulus lima*) y cuatro exóticas (*Xiphophorus hellerii*, *Poecilia reticulata*, *Tilapia* cf. *zillii* y *Gambusia. affinis*). El 6 de febrero de 2002, Ruiz-Campos y colaboradores (2008) obtuvieron que la CPUE (ind./trampa/h) fue mayor para *Tilapia* cf. *zillii* (1.79, 92.4%)> *Xiphophorus hellerii* y *Poecilia reticulata* (0.063 cada uno, 3.3%)> *Fundulus lima* (0.021, 1.1%). El 29 de marzo de 2004, *Xiphophorus hellerii* fue la única especie capturada (0.007 ind./trampa/h). En esta misma fecha, la CPUE (ind./h) en red agallera experimental fue 0.88 para *Tilapia* cf. *zillii* (luz de malla 1.5”), mientras que para *Cyprinus carpio* (luz de malla 4”) fue 0.14. La biomasa de *Fundulus lima* en las trampas representó 2.6% de la biomasa íctica total en febrero (248.1g), y 0% en marzo. 5 de julio de 2007, fueron capturadas tres especies (*Xiphophorus hellerii*, *Poecilia reticulata* y *Tilapia* cf. *zillii*). cf. *zillii* fue la que obtuvo una mayor CPUE (ind./trampa/h) obteniendo 1.24 (85.51%), continuando con *Xiphophorus hellerii* con 0.18 (12.41%) y *Poecilia reticulata* que fue la que menor obtuvo CPUE con 0.03 (2.06%). Cinco años después del último muestreo (05/07/2007), el 2 de agosto de 2012, tres especies fueron capturadas (*Fundulus lima*, *Xiphophorus hellerii* y *Tilapia* cf. *zillii*). *Tilapia* cf. *zillii* presentó la mayor CPUE con un valor de 2.93 (49.32%), seguido por *Fundulus lima* con 2.43 (40.9%) y *Xiphophorus hellerii* con 0.58 (9.76%). 13 de diciembre de 2012 se capturó únicamente *Fundulus lima*, teniendo un escaso CPUE de 0.01. 30 de octubre de 2014, *Xiphophorus hellerii* fue la especie que mayor CPUE obtuvo 1.21 (63.35%) seguido de *Tilapia* cf. *zillii* con 0.64 (33.5%) y *Fundulus lima* con 0.06 (3.14%) de CPUE respectivamente. El 19 de enero de 2016, se registraron tres especies (*Fundulus lima*, *Poecilia reticulata* y *Tilapia zillii*), siendo *Tilapia* cf. *zillii* la dominante en las capturas con trampas con un 1.05 (81.45%) de CPUE, *Poecilia reticulata* tuvo una CPUE de 0.219 (16.98) y *Fundulus lima* obtuvo solo 0.02 (1.55%) ind./trampa/h. El día 22 de febrero de 2016, con las trampas se capturaron dos especies ícticas, teniendo una mayor dominancia *Tilapia* cf. *zillii* con un CPUE de 2.81 (98.94%) y con una menor incidencia *Xiphophorus hellerii* con 0.03 (1.05%) Ind./trampa/h. Con la atarraya se capturó *Tilapia* cf. *zillii* y

Fundulus lima, dando como resultado una gran diferencia de abundancia, dando una CPUE de 6.56 (99.04 %) y 0.063 (0.96%) respectivamente. Por último, el 5 de marzo de 2017, se capturaron cuatro especies exóticas, ausentándose en este muestreo la especie endémica *Fundulus lima*. *Tilapia* cf. *zillii* fue la especie dominante con un CPUE de 3.56 (98.78%), seguido por *Gambusia affinis* con 0.021 (0.6%), y con menor CPUE las especies *Xiphophorus hellerii* con 0.01 (0.3%) y *Poecilia reticulata* con 0.01 (0.3%). Cabe remarcar que la especie *Gambusia affinis* a pesar de haber obtenido un CPUE bajo en el último muestreo (5 de marzo de 2017) es sumamente interesante, ya que se confirmó la presencia de esta especie íctica exótica en esta localidad, la cual fue capturada por primera vez en el año 2015 (datos no publicados), convirtiéndose esta especie (*Gambusia affinis*) en una posible amenaza a futuro para *Fundulus lima* y sus hábitats (Anexo I.1. Breve descripción de especies ícticas exóticas registradas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio).



Gráfica 5. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo "minnow" en la localidad "Poza Larga", de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017. FL = *Fundulus lima*, XH = *Xiphophorus helleri*, PR = *Poecilia reticulata*, CC = *Cyprinus carpio*, TZ = *Tilapia zillii*.



Gráfica 6. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo "minnow" en la localidad "Los Corralitos", de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017. FL = *Fundulus lima*, XH = *Xiphophorus helleri*, PR = *Poecilia reticulata*, CC = *Cyprinus carpio*, TZ = *Tilapia zillii*.

3. “Poza Larga” (27° 16' 26.1" N, 112° 54' 46.5" W; altitud 108 msnm). Localidad situada a 4 km. arroyo abajo del “Manantial” del oasis San Ignacio (Gráfica 5), donde se forma una poza de fondo rocoso de 250 m largo x 30 m ancho x 1.5 m profundidad, cuyo nivel es bastante dinámico a nivel estacional (Fig. 14). Tres especies fueron capturadas durante los tres muestreos, una nativa (*Fundulus lima*) y tres exóticas (*Cyprinus carpio*, *Xiphophorus hellerii* y *Poecilia reticulata*). El 25 de octubre de 2002, la captura con atarraya (individuos/lance) fue 24.83 (54.8%) para *Fundulus lima*, 10.83 (23.9%) para *Cyprinus carpio* y 9.66 (21.3%) para *Xiphophorus hellerii*. El 5 de febrero de 2003, la captura con trampa (ind./trampa/h) fue mayor para *Poecilia reticulata* (0.686, 52.2%) que para *Fundulus lima* (0.333, 25.3%) y *Xiphophorus hellerii* (0.296, 22.5%); cabe agregar, que *Fundulus lima* fue la única especie capturada con red agallera experimental (luz de malla= 0.5”) a razón de 0.24 individuos/h. El 22 de septiembre de 2003, la CPUE (ind./trampa/h) fue dominada por *Fundulus lima* con 5.4 (88.1%), mientras que *Poecilia reticulata* y *Xiphophorus hellerii* exhibieron CPUE de 0.51 (8.3%) y 0.22 (3.6%), respectivamente. En esta misma fecha, *Fundulus lima* fue capturado con red agallera experimental (luz de malla de 0.5”) a razón de 5.6 individuos/h, en cambio *Xiphophorus hellerii* fue capturado a una tasa de 0.3 individuos/h. Cabe señalar, que un día después (23 de septiembre de 2003) se registró una fuerte inundación provocada por el huracán “Marty”, la cual según los residentes nativos ha sido la más grande en los últimos 50 años (Fig. 15). El 27 de marzo de 2004 (seis meses post-inundación), las tasas de captura de *Fundulus lima* y *Xiphophorus hellerii* disminuyeron significativamente a 0.018 (37.8%) y 0.03 (62.2%) ind/trampa/h, respectivamente. También en esta misma fecha, *Fundulus lima* fue la única especie capturada en red agallera con luz de malla de 0.5” (2.98 ind./h), mientras que *Cyprinus carpio* y *Tilapia cf. zillii* lo fueron en la luz de malla de 1.5” (0.057 ind/h para cada una); y finalmente *Cyprinus carpio* (0.172 ind./h) en la luz de malla de 3”. En julio de 2004, CPUE en trampas para *Fundulus lima* incrementó significativamente a 2.42 ind./trampa/h, asimismo fue la especie más abundante en la red agallera experimental (panel con luz de malla de 0.5”) a razón de 1.77 ind./h. Tres años después (5 de julio de 2007), la CPUE (ind./trampa/h) fue

bastante mayor para *Tilapia cf. zillii*, con un valor de 1.21 (86.0%), otros como *Xiphophorus hellerii*, *Cyprinus carpio*, *Fundulus lima* y *Poecilia reticulata*, en ese orden, registraron valores de 0.12 (8.5%), 0.05 (3.9%), 0.01 (0.8%) y 0.01 (0.8%). Es importante mencionar, que previo al evento de inundación ningún espécimen de *Tilapia cf. zillii* había sido capturado en este cuerpo de agua. La biomasa de *Fundulus lima* en trampas representó 18.0% de la biomasa íctica total en octubre (5198 g), 39.0% en febrero (183.5g), 90.2% en septiembre (925g) y 57.7% en marzo (20.0g). 10 años después (21 de febrero de 2016), se capturaron dos especies, *Cyprinus carpio* con 0.08 (61.53%) y *Tilapia cf. zillii* con 0.05 (38.46%) de CPUE respectivamente. Por último, se realizó un último muestreo el 5 de marzo de 2017, donde cabe resaltar, que a pesar del esfuerzo de muestreo, no se obtuvo ningún individuo de ninguna especie, posiblemente ocasionado a la temperatura del agua en ese momento, ya que las especies del sitio, por lo general se refugian en zonas más profundas donde hay aguas más cálidas, durante esa estación del año.

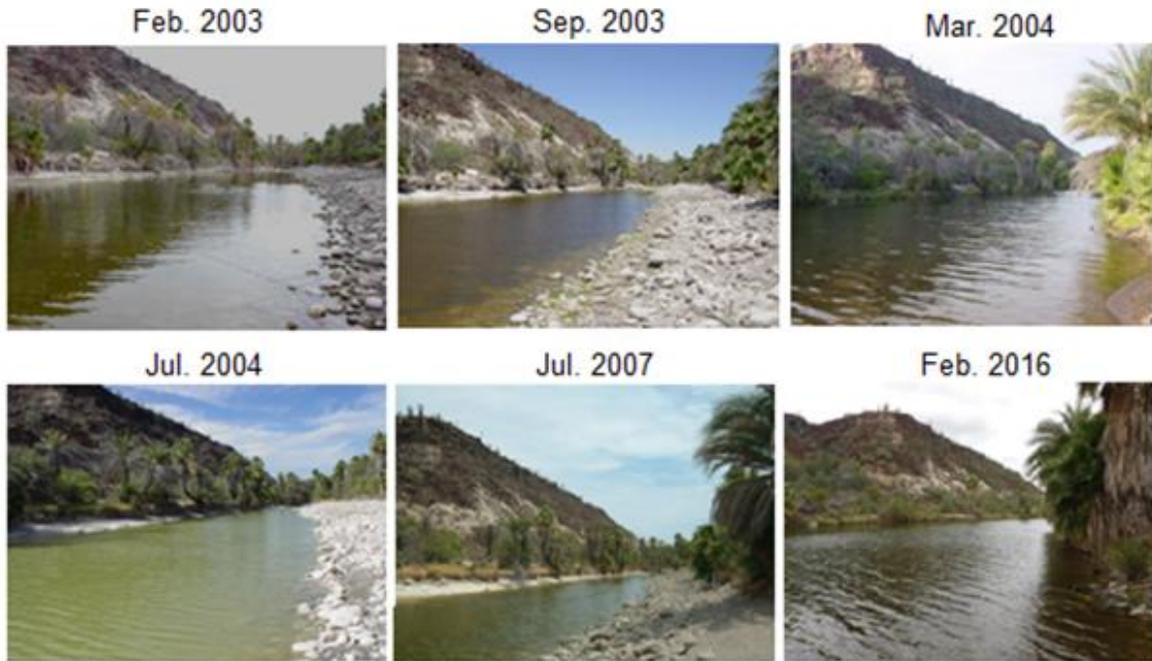


Figura 14. Cambios cronológicos en el nivel de inundación del sitio "Poza Larga" en la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. La gráfica denota la captura por unidad de esfuerzo de las especies en ese mismo sitio (Fotografías por Gorgonio Ruiz Campos).

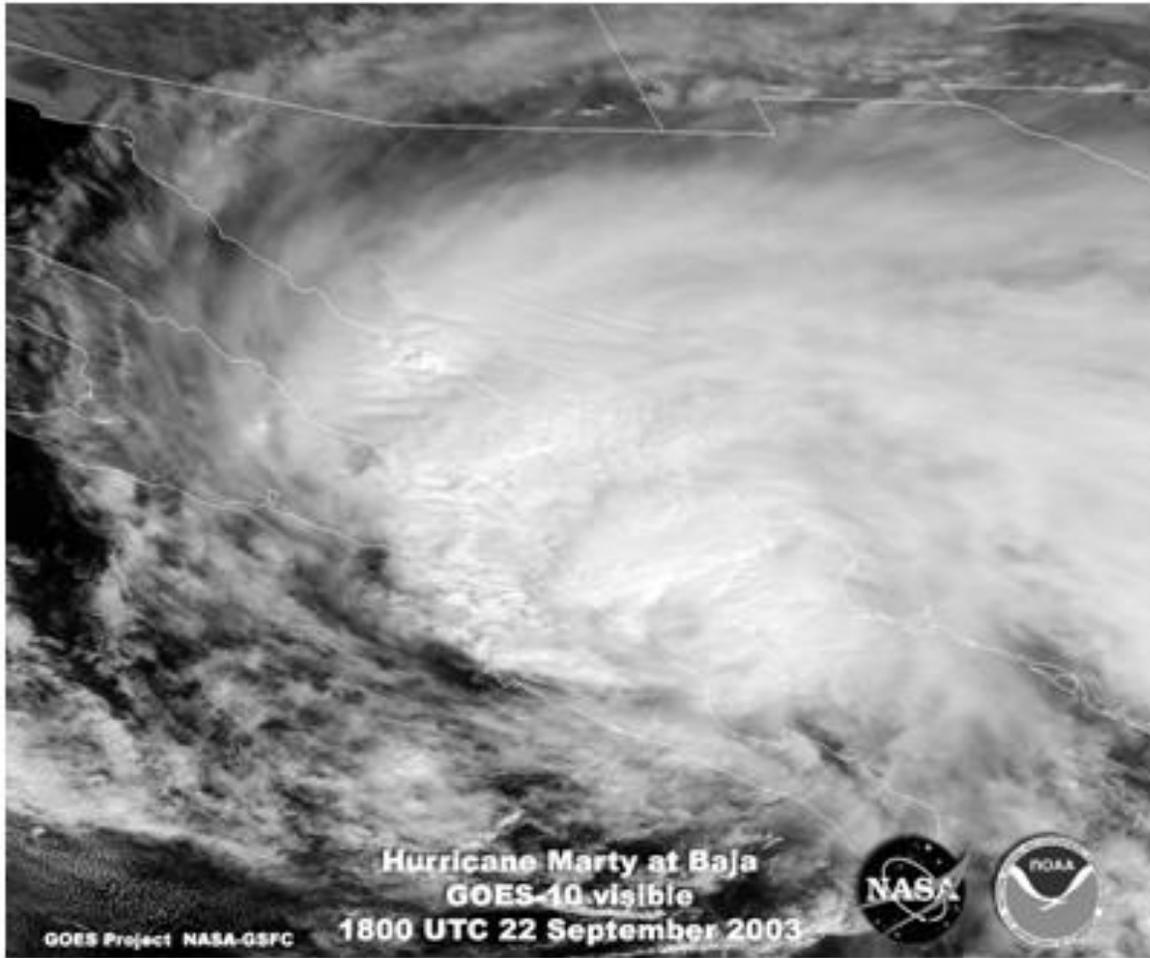
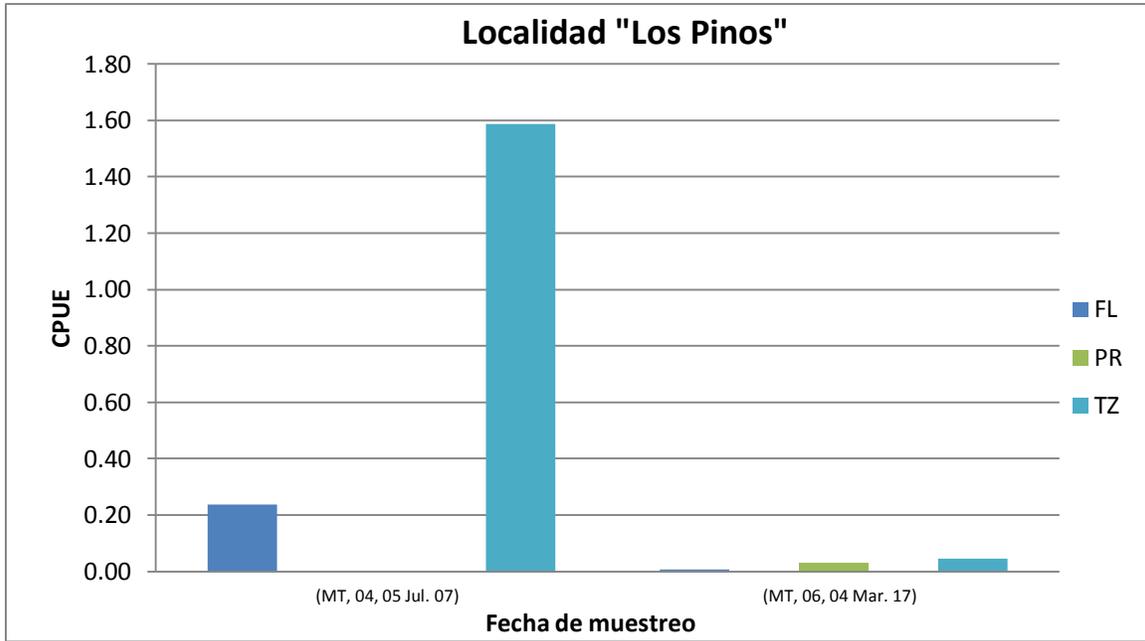


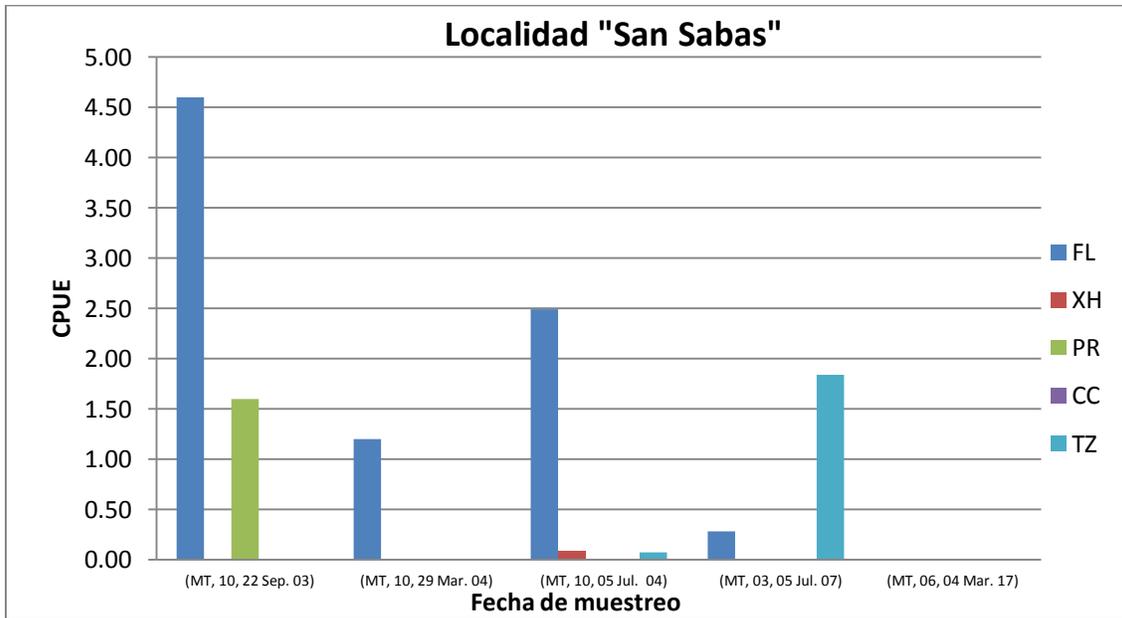
Figura 15. Imagen de satélite de la parte peninsular de Baja California que denota la incidencia y la trayectoria del huracán “Marty” el 22 de septiembre de 2003. En las fotos de la parte inferior se aprecia la magnitud de la inundación (Ruiz-Campos *et al.*, 2008).

4. “Los Corralitos” (27° 13' 01.9" N, 112° 59' 16.9" W, altitud 43 msnm). Este sitio es una extensa poza de aproximadamente 300 m de largo, 50 m ancho y 1.6 m de profundidad máxima (Gráfica 6). Un fondo arenoso con abundante vegetación sumergida. La planicie de inundación está cubierta por pasto salado (*Distichlis spicata*) y junco espinoso. El 25 de octubre de 2002 durante muestreos con chinchorro se detectó a *Fundulus lima* con una densidad de 5.9 individuos/m², mientras que el 5 de febrero de 2003 exhibió una densidad de 4.5 individuos/m². El 22 de septiembre de 2003, *Fundulus lima* fue capturado a razón de 1.9 ind./trampa/h (82.6%), mientras que juveniles de *Tilapia* cf. *zillii* a 0.4 ind./trampa/h (17.4%). Adicionalmente, en red agallera experimental (luz de malla de 1.5") se capturaron dos individuos respectivamente de *Cyprinus carpio* y *Tilapia* cf. *zillii* durante 20 horas de operación. Durante el 28 de marzo de 2004, solamente *Fundulus lima* fue capturado (0.071 ind./trampa/h), mientras que red agallera experimental (luz de malla de 0.5") esta misma especie se capturó a razón de 0.66 ind./h. En esta misma fecha, *Cyprinus carpio* y *Tilapia* cf. *zillii* fueron capturadas en red agallera experimental (luz de malla 1.5") con frecuencias respectivas de 0.10 y 0.05 ind./h. En julio de 2004, la CPUE en trampas fue mayor para *Fundulus lima* (0.514 ind./trampa/h) en comparación con aquella de *Tilapia* cf. *zillii* (0.022/trampa/h), en esa misma fecha la captura con red agallera experimental fue mayor para *Cyprinus carpio* y *Tilapia* cf. *zillii* con valores de 0.228 y 0.091 ind/h. El 5 de julio de 2007, la CPUE (ind./trampa/h) fue ahora dominada por *Tilapia* cf. *zillii* (3.14, 93.8%), y *Fundulus lima* sólo llegó a ser capturada a razón de 0.14 ind./trampa/h. Otros como *Cyprinus carpio*, *Poecilia reticulata* y *Xiphophorus hellerii*, registraron capturas extremadamente bajas (0.02, 0.01 y 0.01 ind./trampa/h, respectivamente). También en esa misma fecha, pero en red agallera experimental, *Cyprinus carpio* fue capturada a razón de 0.04 ind./h (luz de malla de 0.5"), *Tilapia* cf. *zillii* a 0.04 ind./h (luz de malla de 1") y 0.25 ind./h (luz de malla de 1.5"), y *Cyprinus carpio* a 0.08 ind./h (luz de malla de 1.5"). La biomasa de *Fundulus lima* en trampas representó el 100% de la biomasa íctica total en octubre (148.3g), febrero (106g) y marzo (34.4g), y 65.7% en septiembre (647g). Diez años después (4 de marzo de 2017) se capturaron dos especies ícticas, La

exótica *Tilapia* cf. *zillii* con una CPUE en trampas de 0.33 (87.3%) y la especie endémica *Fundulus lima* con 0.048 (12.69%) de CPUE (Ind./trampa/h.). En esa misma fecha, se registró un evento de captura extraordinario con una captura de 1088 individuos de *Tilapia* cf. *zillii* y 138 individuos de *Poecilia reticulata* en un solo lanzamiento de atarraya. Así mismo, en red agallera experimental, se capturaron cuatro ejemplares de *Cyprinus carpio* y uno de *Tilapia* cf. *zillii*.



Gráfica 7. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo "minnow" en la localidad "Los Pinos", de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017. FL = *Fundulus lima*, PR = *Poecilia reticulata*, TZ = *Tilapia zillii*.



Gráfica 8. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las especies ícticas capturadas con trampas tipo "minnow" en la localidad "San Sabas", de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017. FL = *Fundulus lima*, XH = *Xiphophorus helleri*, PR = *Poecilia reticulata*, CC = *Cyprinus carpio*, TZ = *Tilapia zillii*.

5. “Los Pinos” (27° 12' 38.4" N, 112° 59' 54.3" W, altitud 48.09 msnm). El primer muestreo en esta localidad (Gráfica 7) se realizó el día 5 de julio de 2007, donde fueron capturadas dos especies ícticas (*Fundulus lima* y *Tilapia* cf. *zillii*), la CPUE (ind./trampa/h) fue 0.28 (13.0%) para *Fundulus lima* y 1.84 (87%) para *Tilapia* cf. *zillii*. Diez años después, el 4 de marzo de 2017, se capturaron tres especies ícticas, *Tilapia* cf. *zillii* tuvo la mayor CPUE, obteniendo 0.045 (54.87%), seguido de *Poecilia reticulata* con 0.03 (36.58%) y por último con un 0.007 (8.53%) ind./trampa/h. por parte de *Fundulus lima*.

6. “San Sabas” (27° 11' 51.8" N, 113° 00' 09.3" W, altitud 48.5 msnm). Una de las últimas localidades con pozas perennes previo a los salitrales de San Ignacio, donde existe fuertes fluctuaciones en sus niveles de flujo (Gráfica 8). El fondo de estas pozas es manto rocoso con parches de arena. Una gruesa capa flotante de algas filamentosas (*Enteromorpha* sp.) cubren gran parte de las pozas. La vegetación ribereña es similar a la localidad anterior. El 5 de febrero de 2003 se capturó solamente *Fundulus lima*, en cantidades de 6.7 individuos/lance de atarraya. El 22 de septiembre de 2003, *Fundulus lima* registró una CPUE de 4.6 (74.2%) en cambio *Poecilia reticulata* exhibió una CPUE de 1.6 (25.8%). En esta última fecha, numerosos individuos muertos ó moribundos fueron detectados en las orillas de las pozas, todos ellos mostrando lesiones de parasitosis por nematodos. El 28 de marzo de 2004, 6 meses después del evento de inundación, la CPUE (ind./trampa/h) fue 1.2 (99.1%) para *Fundulus lima* mientras que en *Tilapia* cf. *zillii* de 0.01 (0.9%). En esta misma fecha, tres especies fueron recolectadas con red agallera experimental: *Fundulus lima* (luz de malla de 0.5") a razón de 1.01 ind./h, en cambio *Cyprinus carpio* y *Tilapia* cf. *zillii* (luz de malla de 3") a una tasa de 0.05 ind./h., respectivamente. El 5 de julio de 2004, *Fundulus lima* fue la especie más abundante en las trampas (2.49 ind./trampa/h, 93.6%), y otras como *Xiphophorus hellerii*, *Tilapia* cf. *zillii*, y *Poecilia reticulata* exhibieron CPUE muy bajos (0.01 a 0.09 ind./trampa/h). 3 años después (5 de julio de 2007), se capturaron dos especies, *Tilapia* cf. *zillii* fue la más capturada con una CPUE

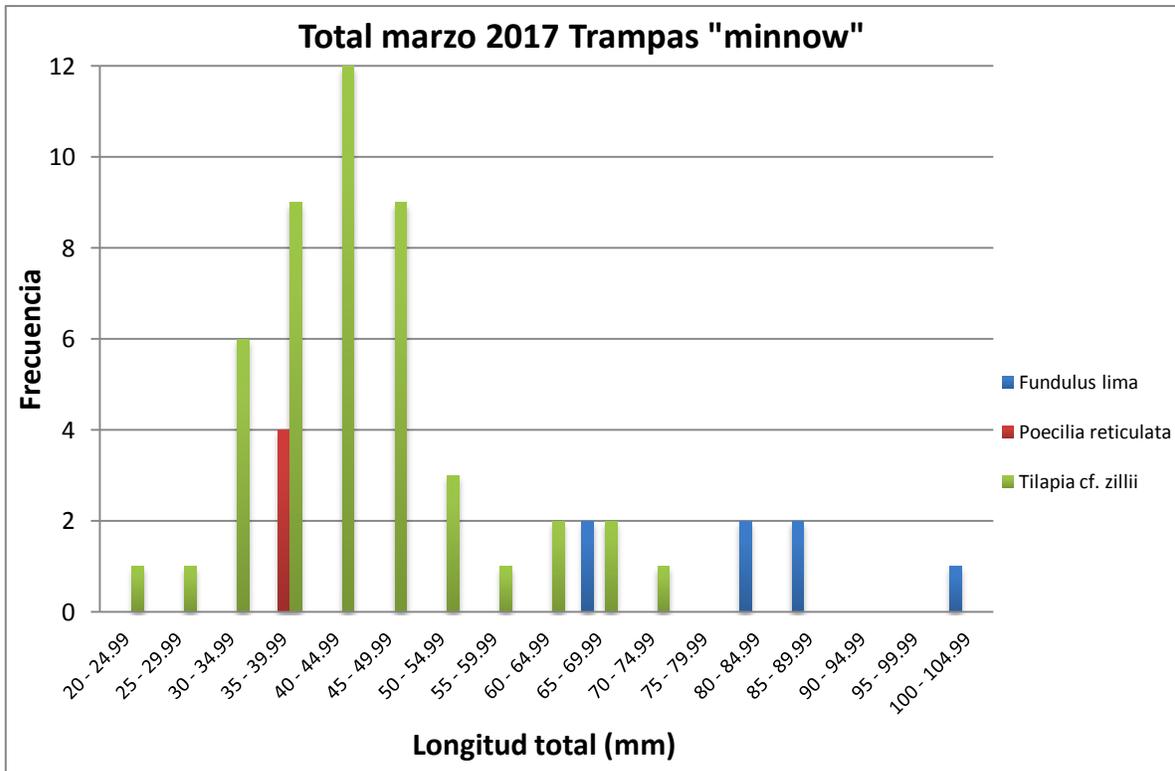
de 1.84 (86.79%), *Fundulus lima* obtuvo 0.28 (13.2%). Por último, el 4 de marzo de 2017, no se capturó ningún individuo en las trampas. En red agallera experimental, se capturó *Cyprinus carpio* (CPUE = 0.45). En la atarraya se capturaron 155 ejemplares de *Tilapia cf. zillii* en tres lanzamientos, dando un CPUE de 51.66. Es significativo señalar la ausencia de *Tilapia cf. zillii* en los muestreos previos al evento de inundación y la dominancia actual sobre *Fundulus lima*. La biomasa de *Fundulus lima* representó 100% de la biomasa íctica total en febrero (344.8g), 98.4% en septiembre (1,680g), y 98.8% en marzo (721.8g).

La estructura de tallas de la especie endémica *Fundulus lima* y las especies exóticas *Tilapia cf. zillii*, *Poecilia reticulata* y *Cyprinus carpio* en las localidades “Los Corralitos” y “Los Pinos” para la longitud total (LT) y con un ancho de clase de 5 mm se determinó para el evento de muestreo realizado en marzo 2017, obtenido en las trampas tipo “minnow”, y en red agallera se utilizó un ancho de clase de 10 mm para las localidades “San Sabas” y “Los Corralitos”.

En las trampas tipo “minnow” se obtuvieron las tallas de tres especies ícticas, la endémica *Fundulus lima* y las exóticas *Poecilia reticulata* y *Tilapia cf. zillii*. En lo que respecta a la especie endémica *Fundulus lima* la población estuvo representada por tres grupos modales, el primero que está entre 65 y 69.99 mm con dos individuos, el segundo, que fue el más numeroso con cuatro individuos, encontrándose entre los 80 y 89.99 mm y un tercer grupo oscilando entre los 100 y 104.99 mm que solo obtuvo un individuo (Gráfica 9).

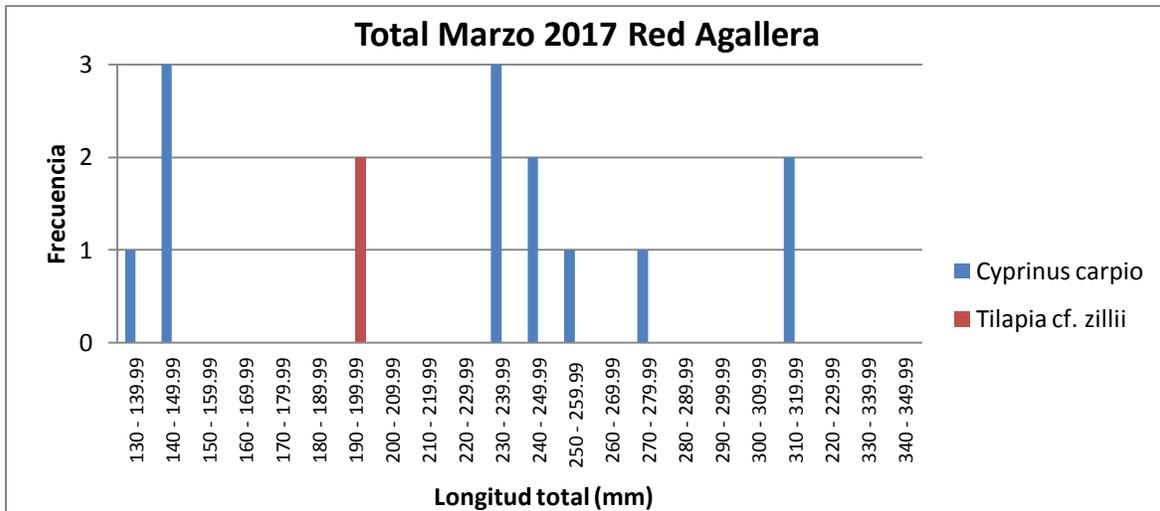
La estructura población de *Tilapia cf. zillii* también se representó en tres grupos, el primero, rondando entre los 20 y 34.99 mm, con ocho individuos. El segundo grupo estuvo conformado por 30 individuos, entre los intervalos de 35 y 49.99 mm y un último y tercer grupo constituido por nueve individuos, oscilando entre los 50 y 74.99 mm (Gráfica 9).

Por último, la estructura de *Poecilia reticulata* estuvo constituida por un solo grupo, conformada por cuatro individuos que rondaron entre los 35 y 39.99 mm (Gráfica 9).



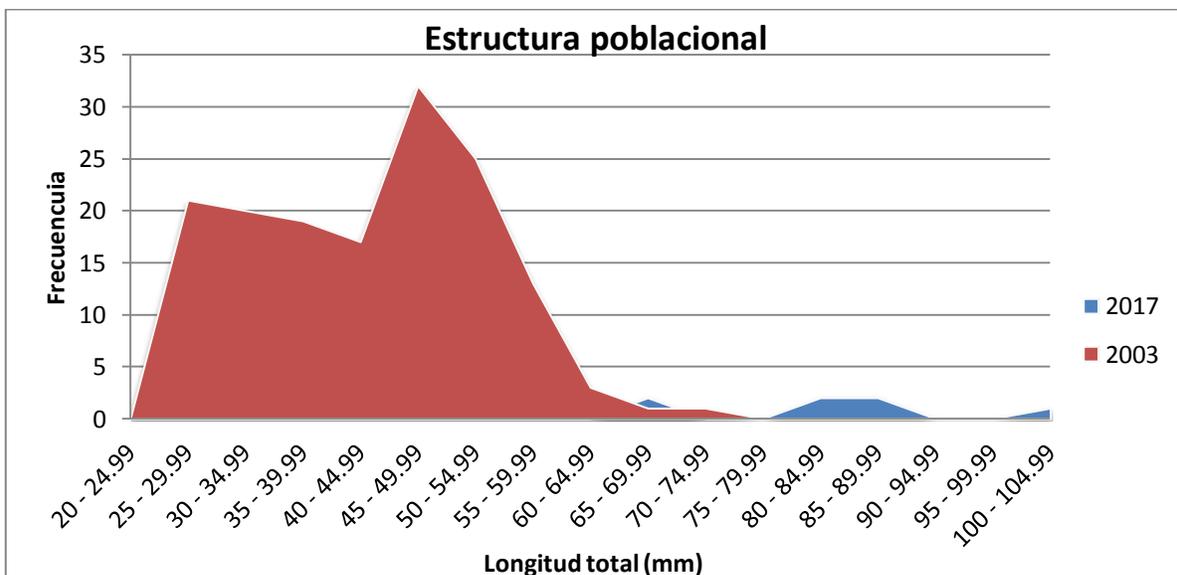
Gráfica 9. Estructura poblacional de *Fundulus lima*, *Poecilia reticulata* y *Tilapia cf. zillii* en los oasis de la cuenca de San Ignacio, Baja California Sur, México. Especímenes capturados con trampas tipo “minnow” marzo 2017.

En la red agallera, se capturaron dos especies exóticas (*Cyprinus carpio* y *Tilapia cf. zillii*) de las cuales se obtuvieron sus respectivas tallas. La estructura de las poblaciones de *Cyprinus carpio* se representó en tres grupos modales, el primero, con 4 individuos oscilando entre los 130 y 149.99 mm, el segundo comienza a los 230 mm representado con 7 individuos y el tercero oscilando entre los 310 y 319.99 mm, con solo dos individuos. En lo que respecta a *Tilapia cf. zillii* solo se obtuvieron dos ejemplares entre los 190 y 199 mm (Gráfica 10).



Gráfica 10. Estructura poblacional de *Cyprinus carpio* y *Tilapia cf. zillii* en los oasis de la cuenca de San Ignacio, Baja California Sur, México, especímenes capturados con red agallera marzo 2017.

Por último, se realizó una comparación de la estructura población de *Fundulus lima* durante los años 2003 y 2017, se presenta en la gráfica 11.



Gráfica 11. Comparación de la estructura poblacional de *Fundulus lima* en las localidades de “Los Pinos” y “Los Corralitos” entre los años 2003 y 2017 en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

Tipos de hábitats

Primeramente se delimitó la cuenca del Río San Ignacio, con el fin de determinar la conexión entre los oasis estudiados, los cuales se encontraron dentro de la red principal hidrográfica de dicha cuenca (Fig. 16).

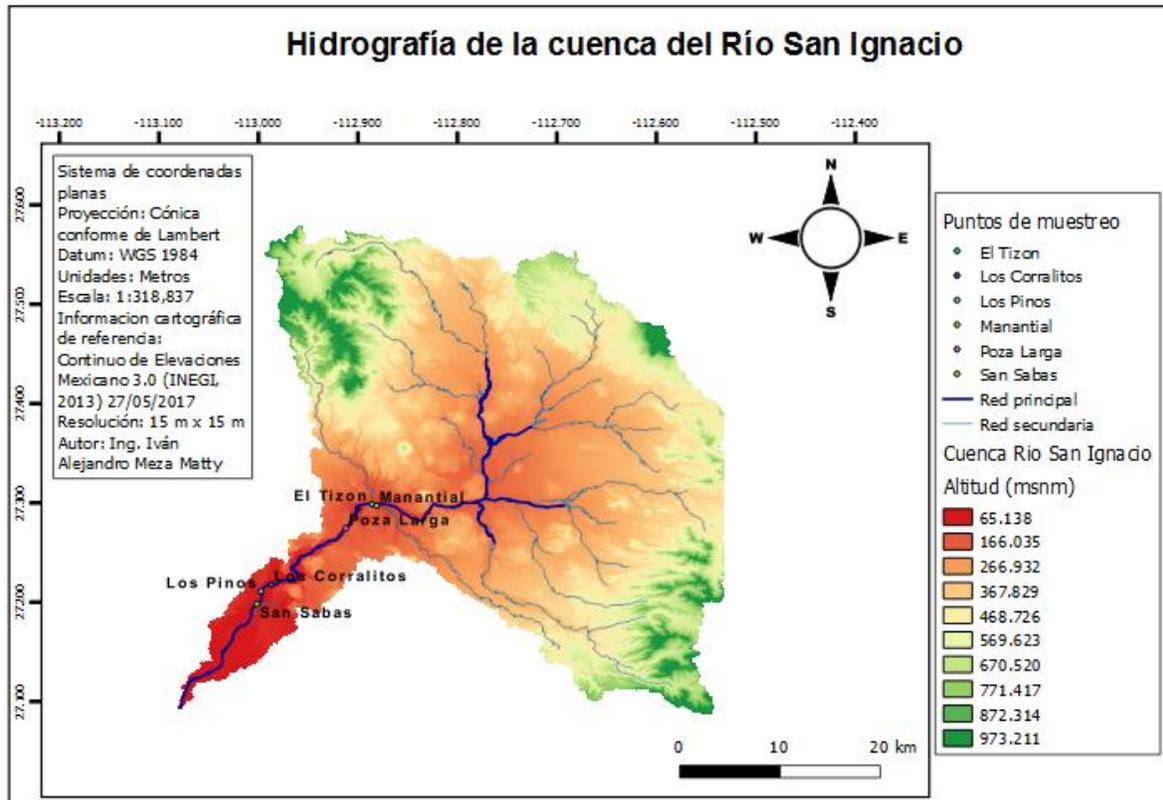


Figura 16. Delimitación de la cuenca del Río San Ignacio con sus principales y secundarias redes hidrográficas.

Se tomó un total de 33 trampas tipo “minnow” (Fig. 17-21), 10 trampas durante el muestreo realizado por Ruiz-Campos y colaboradores (2014b) en agosto de 2012 en las localidades “El Tizón” y “Poza Larga” y 23 trampas durante el muestreo de marzo de 2017 distribuidas en las localidades “Manantial”, “Los Corralitos”, “Los Pinos” y “Poza Larga”. Así mismo se utilizó una red agallera y una atarraya cuya operación se efectuó en las localidades “Los Corralitos” y “San Sabas” durante el muestreo de marzo de 2017. Los muestreos de agosto de 2012 fueron utilizados en este análisis, debido a que no se muestreo la localidad “El Tizón” durante el muestreo de marzo de 2017.

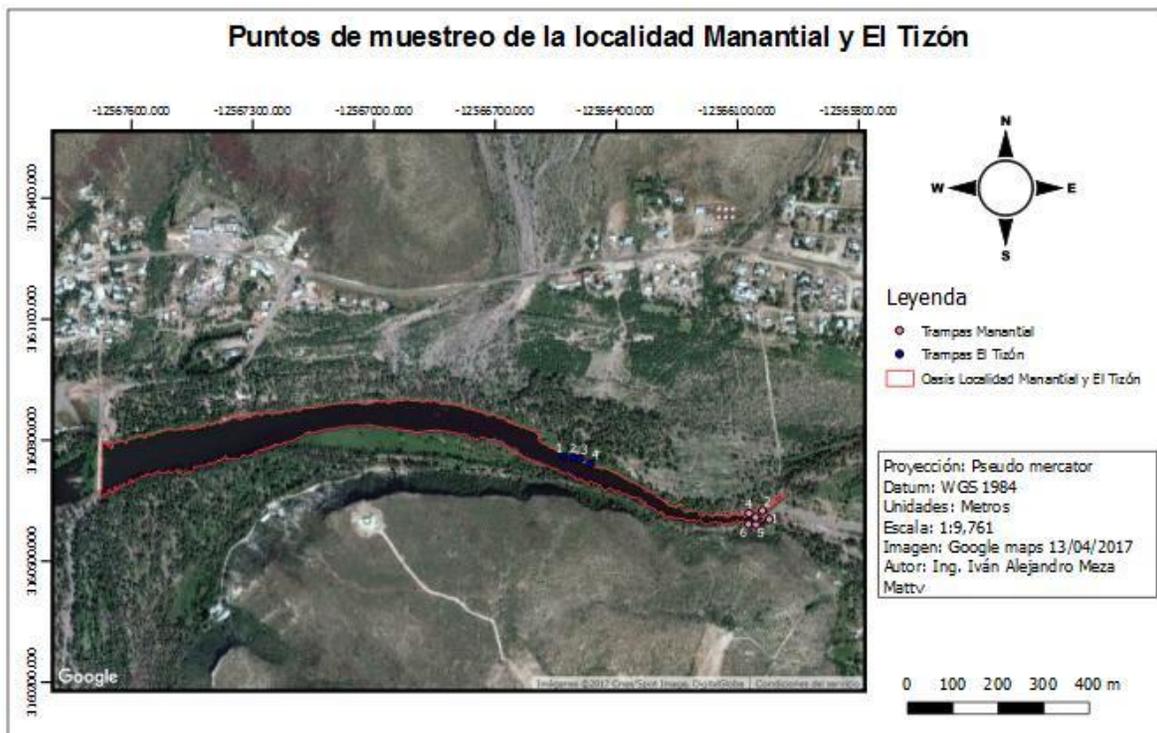


Figura 17. Puntos de muestreo de las localidades “Manantial” y “El Tizón”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

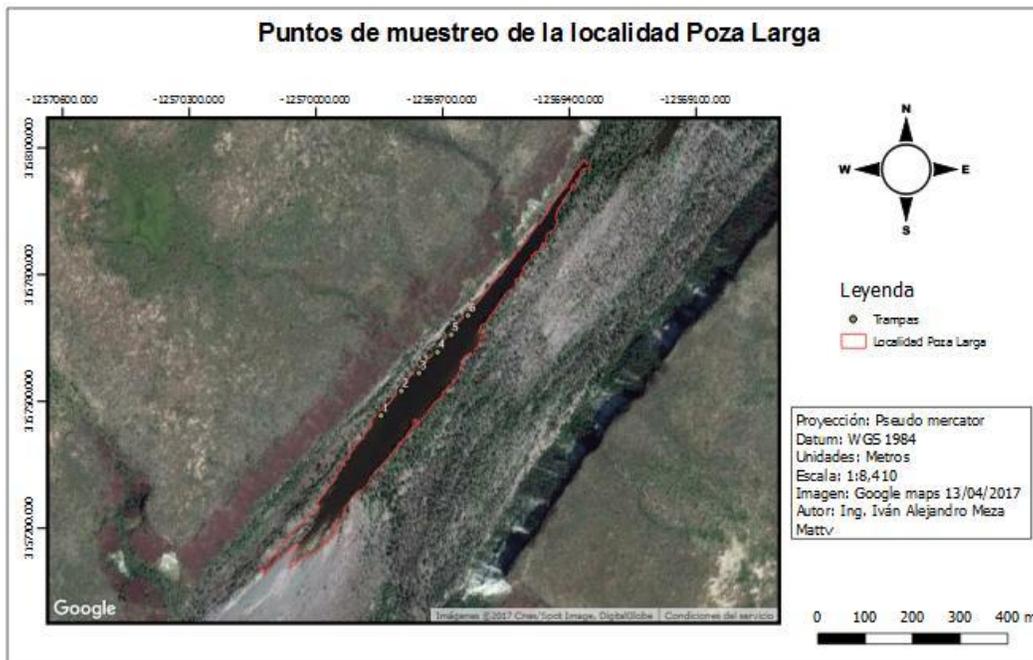


Figura 18. Puntos de muestreo de la localidad “Poza Larga”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.



Figura 19. Puntos de muestreo de la localidad “Los Corralitos”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.



Figura 20. Puntos de muestreo de la localidad “Los Pinos”, Mulegé, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.



Figura 21. Puntos de muestreo de la localidad “San Sabas”, en el Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

Dentro de los puntos de muestreo de las seis localidades estudiadas en este trabajo (Anexo I.4. Breve descripción de las localidades estudiadas) se identificaron catorce tipos de hábitats: “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)” (Fig. 22a), “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.” (Fig. 22b), “Somero con sustrato arenoso sin vegetación” (Fig. 22c), “Somero con sustrato rocoso sin vegetación” (Fig. 22d), “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación” (Fig. 22e), “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación” (Fig. 22f), “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación” (Fig. 22g), “Pocitas” (Fig. 22h), “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.” (Fig. 22i), “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)” (Fig. 22j), “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” (Fig. 22k), “De alta profundidad con sustrato suave (arenoso) y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”(Fig. 22l), “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”(Fig. 22m) y “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)” (Fig. 22n). De estas trampas, cuatro registraron especímenes de *Fundulus lima*. Durante el muestreo de agosto de 2012 (Localidad “El Tizón”) el hábitat que obtuvo un mayor número de peces capturados fue “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)” con 98 especímenes. Por otro lado, el muestreo más reciente (marzo de 2017), efectuado en las localidades, “Manantial”, “Poza Larga”, “Los Corralitos”, “Los Pinos” y “San Sabas”, solo el hábitat “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)” presentó ejemplares de *Fundulus lima* capturados. En forma global, el hábitat que registró mayor cantidad de individuos fue el “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)” con 98 especímenes, seguido del hábitat “De alta profundidad con sustrato suave (arenoso) y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)” con 90 individuos (Localidad “Manantial”, muestreo agosto

de 2012). Solo otros cuatro hábitats presentaron *Fundulus lima* durante los muestreos de agosto de 2012 y marzo de 2017, en los cuales la unidad de hábitat “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación” fue el que presentó menor incidencia de individuos capturados (Tabla 5).



Figura 22. Tipos de hábitats identificados en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. Los hábitats identificados fueron: a) “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)”, b) “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, c) “Somero con sustrato arenoso sin vegetación”, d) “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, e) “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, f) “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, g) “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”, h) “Pocitas”, i) “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.”, j) “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, k) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, l) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, m) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” y n) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”. Fotografías por Iván Alejandro Meza Matty, Gorgonio Ruiz Campos y Faustino Camarena Rosales, 2017.

Tabla 5. Número de individuos de *Fundulus lima* por tipo de hábitat en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. * = No hubo muestreo.

Unidad	agos. 2012	dic. 2012	oct. 2014	ene. 2016	mar. 2017	Total
“Somero con sustrato rocoso y junco (<i>Scirpus californicus</i>)”	*	*	*	*	6	6
“Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita <i>Chara</i> sp.”	*	*	*	*	0	0
“Profundo con sustrato arenoso”	*	*	*	*	0	0
“Somero con sustrato rocoso sin vegetación”	59	0	2	2	0	63
“Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”	*	*	*	*	0	0
“Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”	*	*	*	*	1	1
“Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”	*	*	*	*	0	0
“Pocitas”	*	*	*	*	0	0
“Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante <i>Enteromorpha</i> sp.”	*	*	*	*	0	0
“Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (<i>Phragmites communis</i>)”	98	*	*	*	0	98
“Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (<i>Washingtonia robusta</i>) y/o palma exótica (<i>Phoenix dactylifera</i>)”	13	*	*	*	0	13
“Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (<i>Washingtonia robusta</i>) y carrizo (<i>Phragmites communis</i>)”	74	1	5	0	0	80
“Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (<i>Washingtonia robusta</i>) y/o palma exótica (<i>Phoenix dactylifera</i>)”	*	*	*	*	0	0
“Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (<i>Washingtonia robusta</i>) y/o palma exótica (<i>Phoenix dactylifera</i>) y carrizo (<i>Phragmites communis</i>)”	*	*	*	*	0	0
Total	244	1	7	2	7	261

Distribución espacial

La distribución espacial de *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio fue de tipo metapoblacional durante los muestreos realizados en agosto de 2012 hasta marzo de 2017, ya que los grupos formados están separados por las localidades estudiadas; estos sitios se encuentran desconectados la mayor parte del año y solo existe conectividad cuando se presentan fuertes crecientes, durante la temporada de lluvias.

Para el muestreo de agosto de 2012, se obtuvo un grupo poblacional dentro de dos puntos de muestreo en la localidad “El Tizón”, mientras que para el muestreo de marzo de 2017, se obtuvo un grupo poblacional dentro de tres puntos de muestreo en la localidad “Los Corralitos” formando un continente de dispersión de la especie endémica (*sensu* MacArthur y Wilson, 1967) debido a la cercanía y conexión entre ellos. También se capturó un individuo en la localidad “Los Pinos” en dicho muestreo, el cual se consideró como isla, de acuerdo a la teoría de islas por MacArthur y Wilson, 1967) (Fig. 23-25). Cabe señalar que en la localidad “Manantial” durante el muestreo de agosto de 2012, realizado por Ruiz-Campos, se capturaron 87 individuos de *Fundulus lima*, por el contrario durante el muestreo de marzo de 2017, no se registraron capturas de la especie endémica. Sin embargo, Celaya *et al.*, 2016 capturó 70 individuos de *Fundulus lima* en la localidad Lake Side, que se encuentra en el mismo oasis donde están las localidades “Manantial” y “El Tizón”, previamente muestreadas por Ruiz-Campos, *et al.*, 2012. Estos cambios podrán ser explicados con base en el modelo metapoblacional tipo Isla-Continente (MacArthur y Wilson, 1967), donde las poblaciones locales se ubican dentro del ámbito de distribución de alguna población fuente. Dicho modelo asume que las poblaciones grandes no desaparecen a través del tiempo, exportando individuos a otros lugares o a otras poblaciones pequeñas.

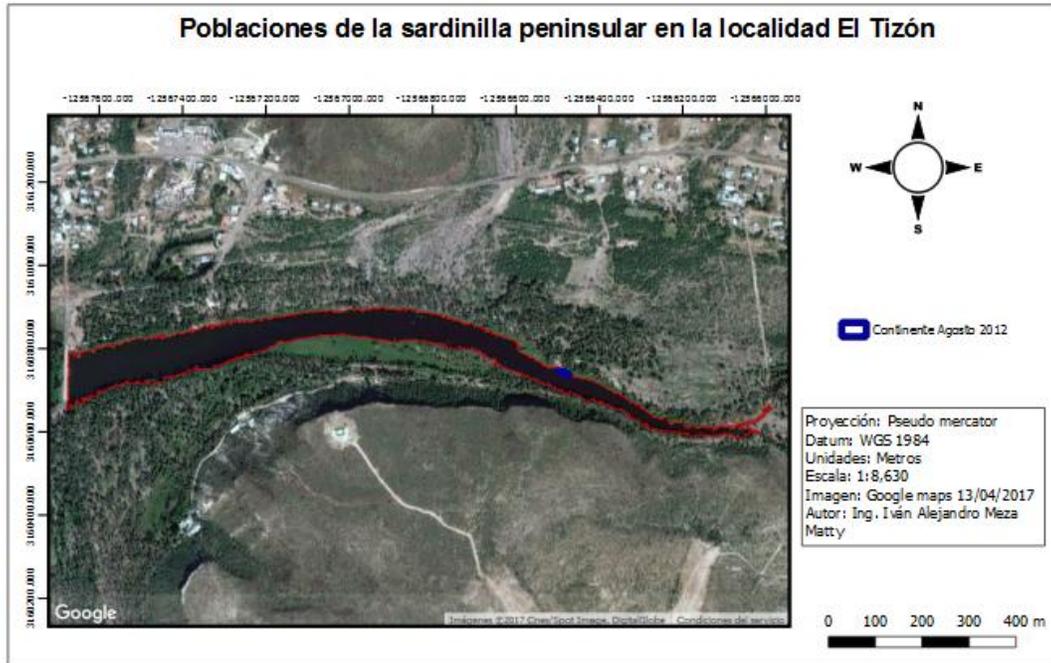


Figura 23. Distribución metapoblacional de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), en la localidad “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el muestreo de agosto de 2012.



Figura 24. Distribución metapoblacional de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el muestreo de marzo de 2017.



Figura 25. Distribución metapoblacional de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el muestreo de marzo de 2017.

Patrón del paisaje

Para la identificación y caracterización del patrón del paisaje del área de estudio, fueron evaluadas fotografías tomadas durante el muestreo de marzo de 2017, imágenes satelitales de Google Earth y observaciones tomadas en campo. Como resultado de dicho análisis, se encontró que en las seis localidades estudiadas (“Manantial”, “El Tizón”, “Poza Larga”, “Los Corralitos”, “Los Pinos” y “San Sabas”) fueron identificados catorce tipos de cobertura: a) “De poca profundidad con sustrato rocoso y carrizo (*Phragmites communis*)”, b) “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, c) “Somero con sustrato arenoso sin vegetación”, d) “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, e) “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, f) “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, g) “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”, h) “Pocitas”, i) “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.”, j) “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, k) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, l) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, m) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” y n) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, como se indica en la figura 26-30.

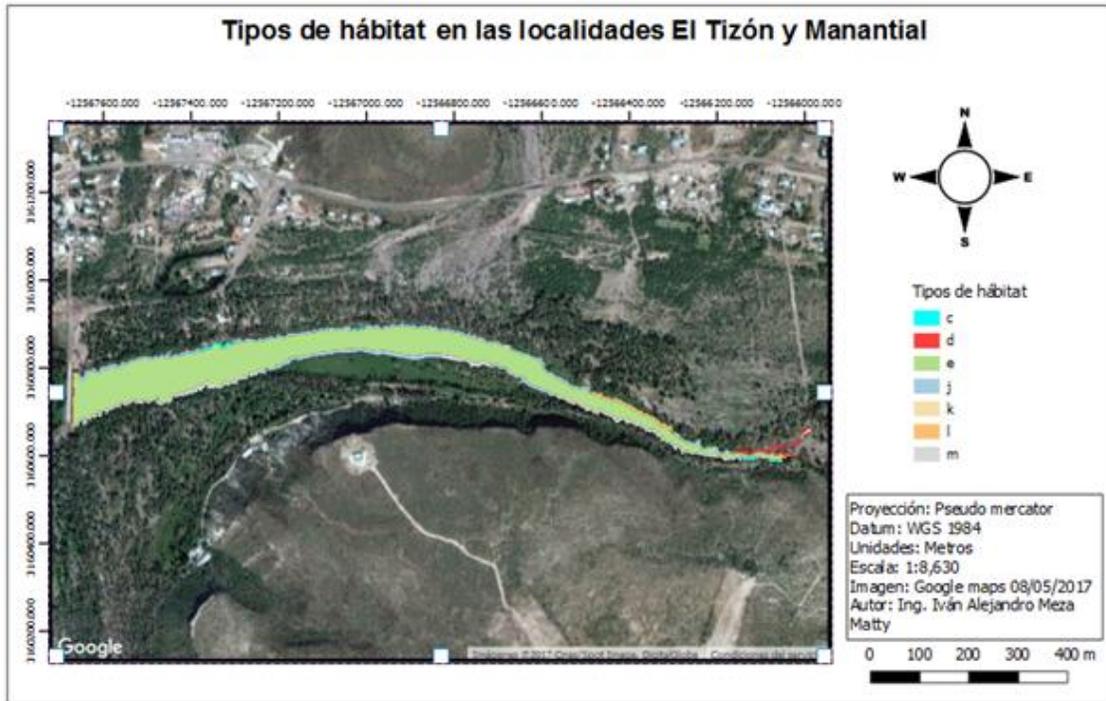


Figura 26. Caracterización del paisaje actual en las localidades “Manantial” y “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.



Figura 27. Caracterización del paisaje actual en la localidad “Poza Larga”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.

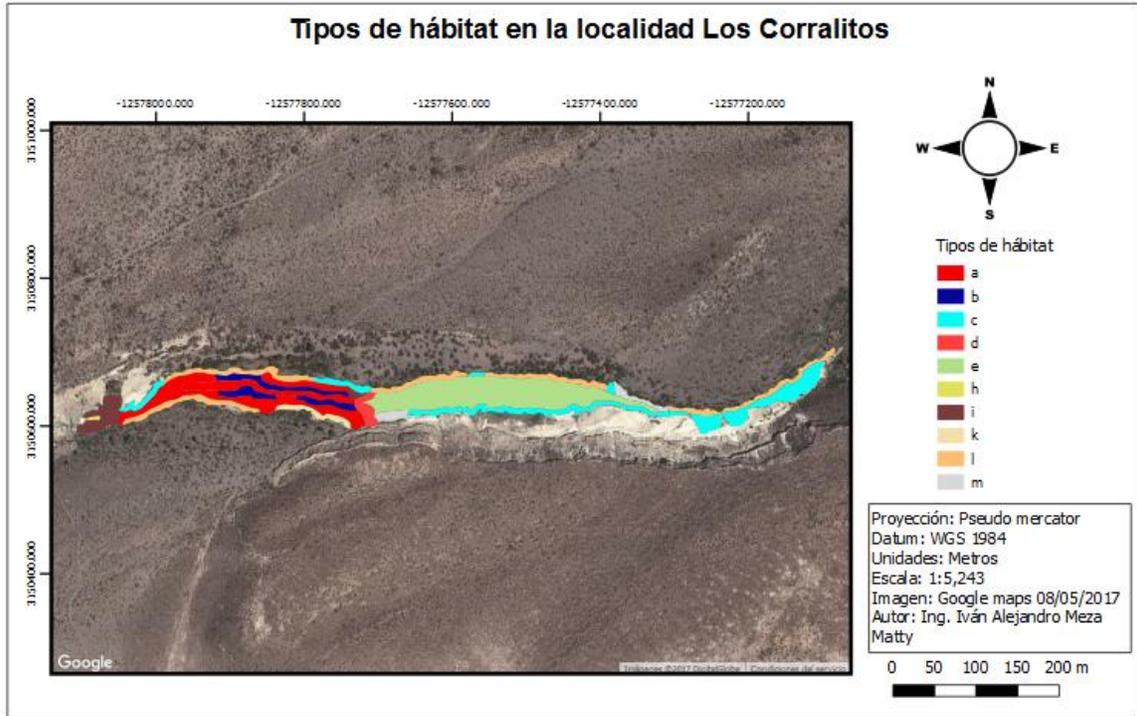


Figura 28. Caracterización del paisaje actual en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.

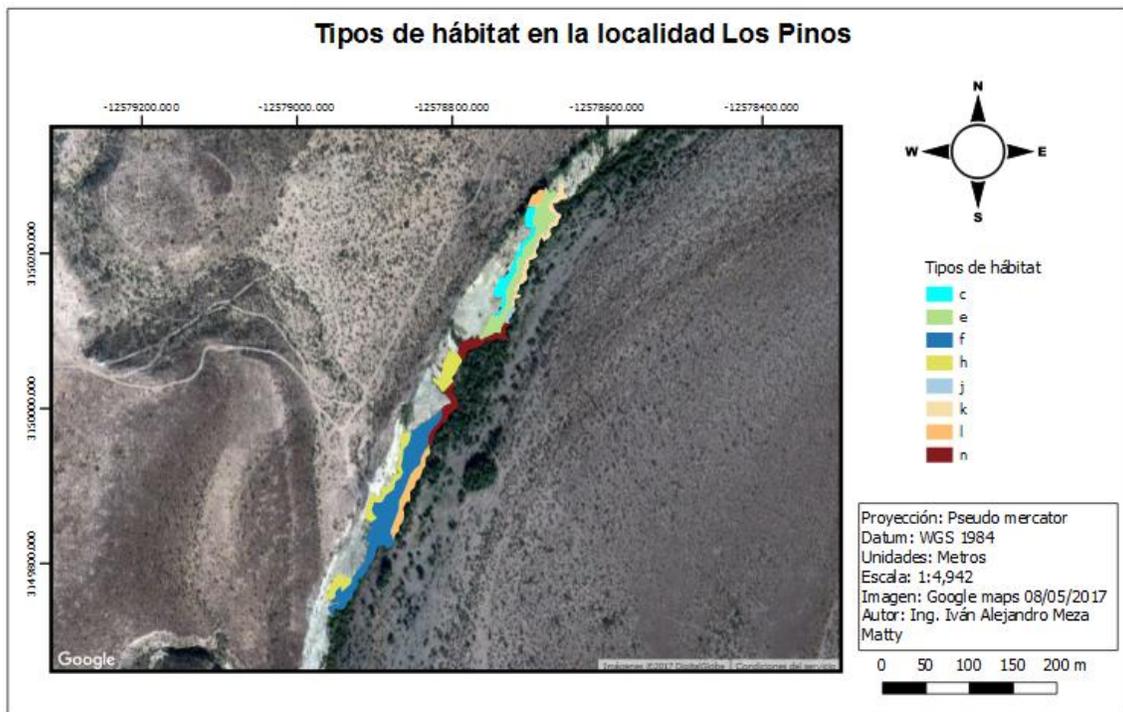


Figura 29. Caracterización del paisaje actual en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.

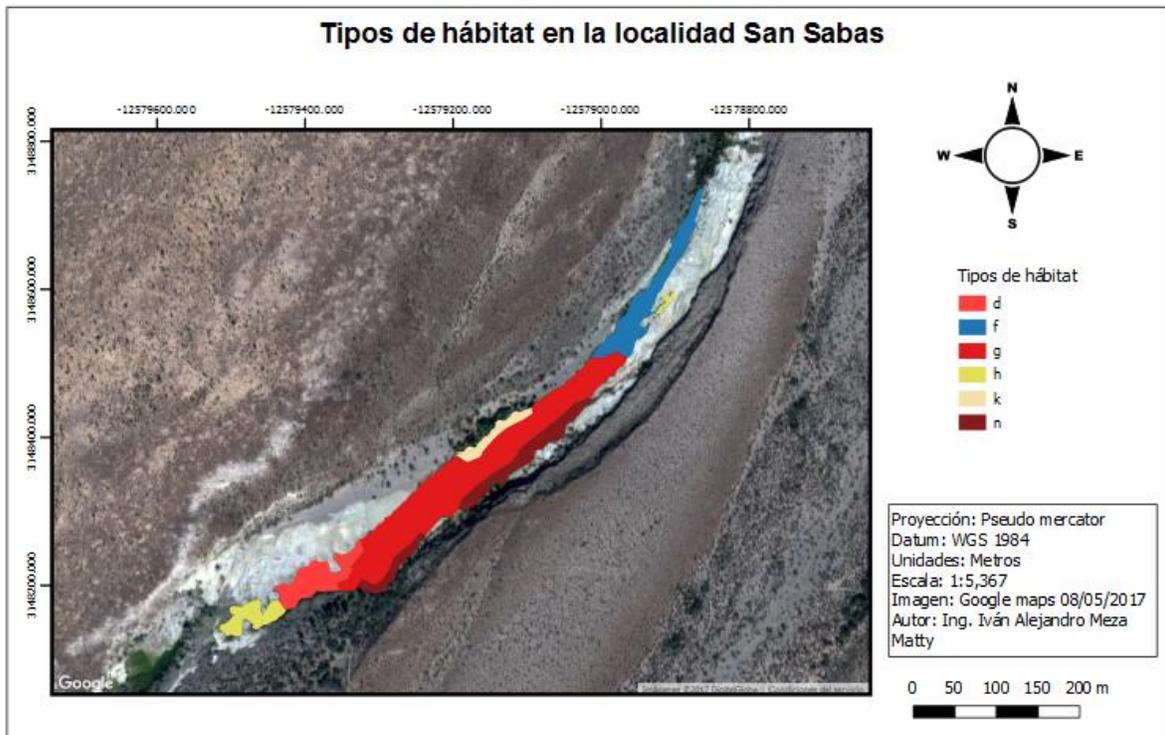


Figura 30. Caracterización del paisaje actual en la localidad “San Sabas”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período de 2017.

Así mismo, se calculó el total de parches de cada unidad de hábitat, el de mayor presencia a nivel de parches fue “Somero con sustrato rocoso sin vegetación” con 16 fragmentos, en contraste con los tipos “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación” y “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.” con solo dos parches cada uno. Respecto a la proporción de área por clase (CAP), el tipo “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación” presentó la mayor cobertura con un 36.37% de los oasis estudiados. Por su parte, el hábitat “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.” ocupó la menor cobertura con solo el 0.72% de los oasis estudiados (Tabla 6).

Tabla 6. Número de parches de cada hábitat y la proporción de área por tipo de hábitat en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur. Tipos de unidades de hábitat: a) “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)”, b) “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, c) “Somero con sustrato arenoso sin vegetación”, d) “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, e) “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, f) “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, g) “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”, h) “Pocitas”, i) “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.”, j) “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, k) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, l) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, m) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” y n) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”.

Cobertura	Número de parches (PN)	Área por clase (CA) (m ²)	Proporción de área por clase (CAP) (%)
a	3	6247	2.95
b	3	2052	0.97
c	11	7966	3.76
d	16	10742	5.07
e	3	77049	36.37
f	2	8594	4.06
g	2	42099	19.87
h	7	11667	5.51
i	2	1523	0.72
j	8	9356	4.42
k	15	14363	6.78
l	9	7163	3.38
m	9	7811	3.69
n	4	5232	2.47
Total	92	211798	100

Usando la relación de la abundancia poblacional de *Fundulus lima* para los diferentes tipos de hábitat presentes en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, se generó la distribución potencial a partir del indicador DIPOT. Este indicador fue calculado para las 94 unidades resultantes del ámbito de dispersión del pez *Fundulus lima* a través de los oasis dentro del área de estudio, obteniendo cuatro clasificaciones de distribución potencial (Bajo, Medio, Alto y Muy Alto); de esta clasificación, el potencial Medio fue la más dominante del paisaje con 37 unidades, seguidas del potencial Muy Alto y Alto con 29 y 23 unidades respectivamente. El potencial menos dominante resultó ser el potencial Bajo con cinco unidades (Fig. 31-35).

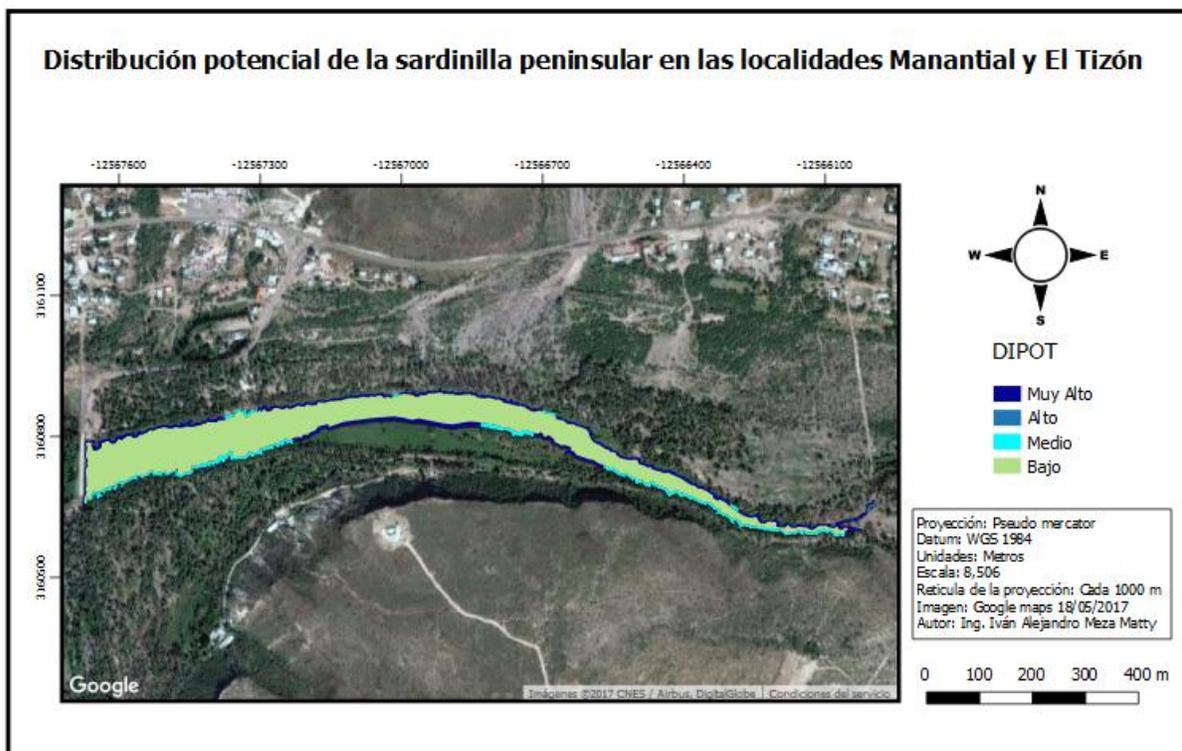


Figura 31. Distribución potencial del pez endémico *Fundulus lima* en las localidades “Manantial” y “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período 2012-2017.

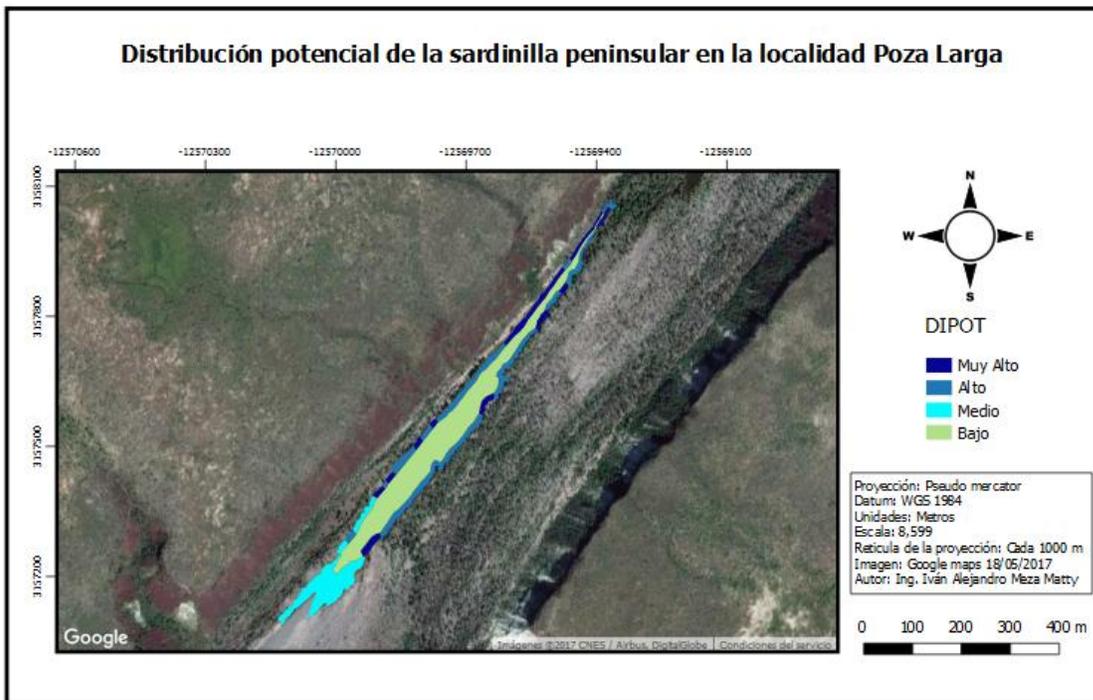


Figura 32. Distribución potencial del pez endémico *Fundulus lima* en la localidad “Poza Larga”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el año 2017.



Figura 33. Distribución potencial del pez endémico *Fundulus lima* en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el año 2017.

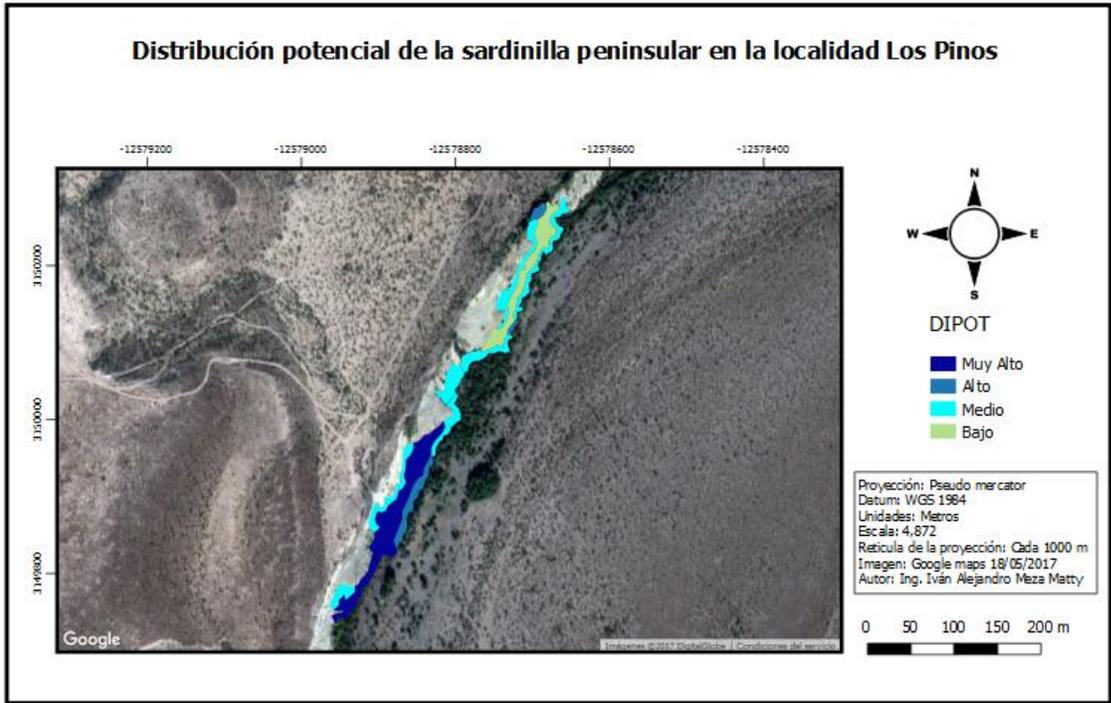


Figura 34. Distribución potencial del pez endémico *Fundulus lima* en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el período 2012-2017.

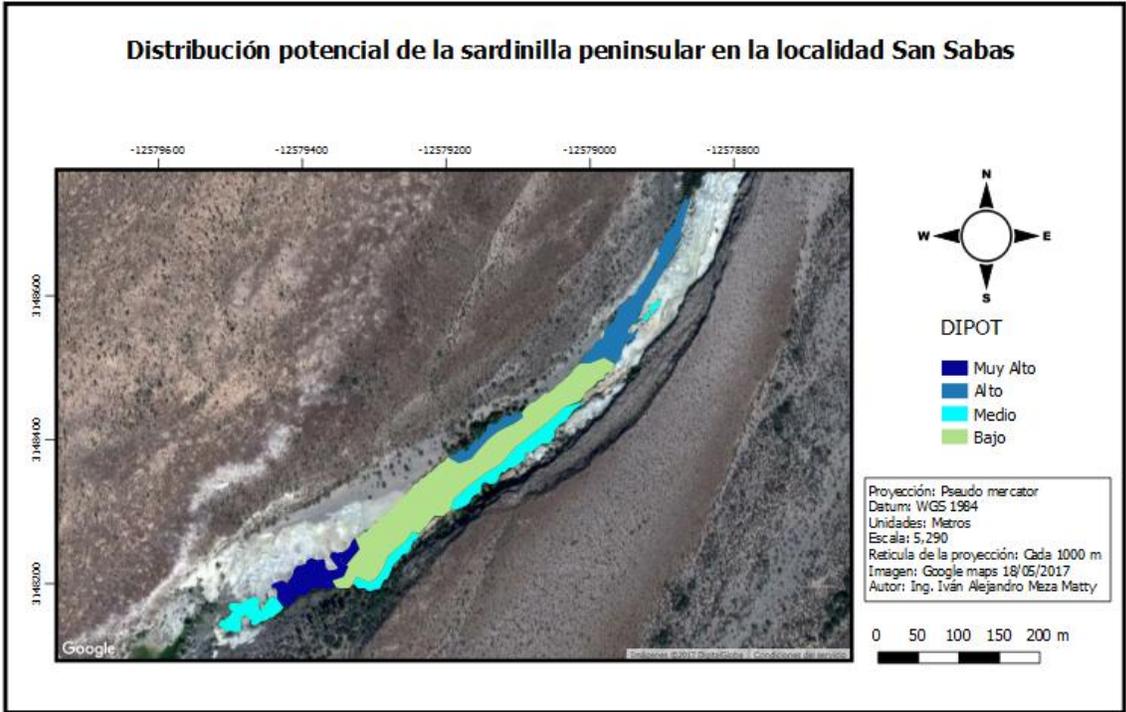


Figura 35. Distribución potencial del pez endémico *Fundulus lima* en la localidad “San Sabas”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el año 2017.

Como resultado de la fragmentación calculada con la métrica de paisaje PROX, se encontró en la mayoría de los hábitats (d, e, f, g, h, i, l, m y n) una elevada fragmentación, a diferencia de los hábitat a y b, los cuales fueron los de menor fragmentación. Valores bajos en la métrica indican una gran fragmentación en el tipo de cobertura.

Para obtener el grado de conexión del sistema se hizo uso de la métrica de paisaje ENN. Valores altos indican coberturas con menor grado de conexión. De esta manera, la cobertura con mayor conexión resultó ser el hábitat a, seguido del hábitat b. Los de menor conexión fueron los hábitats g, e y j (Tabla 7).

Tabla 7. Coberturas y resultado de las métricas PROX y ENN, en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, durante el periodo 2012-2017. Tipos de hábitat: a) “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)”, b) “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, c) “Somero con sustrato arenoso sin vegetación”, d) “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, e) “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, f) “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, g) “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”, h) “Pocitas”, i) “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.”, j) “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, k) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, l) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, m) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” y n) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”.

Cobertura	Promedio total (PROX)	Promedio total (ENN)
a	69.61	3.43
b	52.01	4.50
c	1.12	490.55
d	0.12	532.36
e	0	3512.02
f	0	889.88
g	0	11087.02
h	0.07	1601.99
i	0.02	269.32
j	1.68	1751.27
k	2.83	472.66
l	0.87	132.64
m	0.37	500.81
n	0.94	39.80

Análisis del conocimiento de la población sobre la especie endémica y especies exóticas

Cuestionarios

Se aplicó el cuestionario (Anexo II.1. Cuestionario) a 41 habitantes residentes de San Ignacio, 17 fueron mujeres y 24 hombres, el cual dicho poblado, se encuentra dentro del área de estudio (Figura 36).



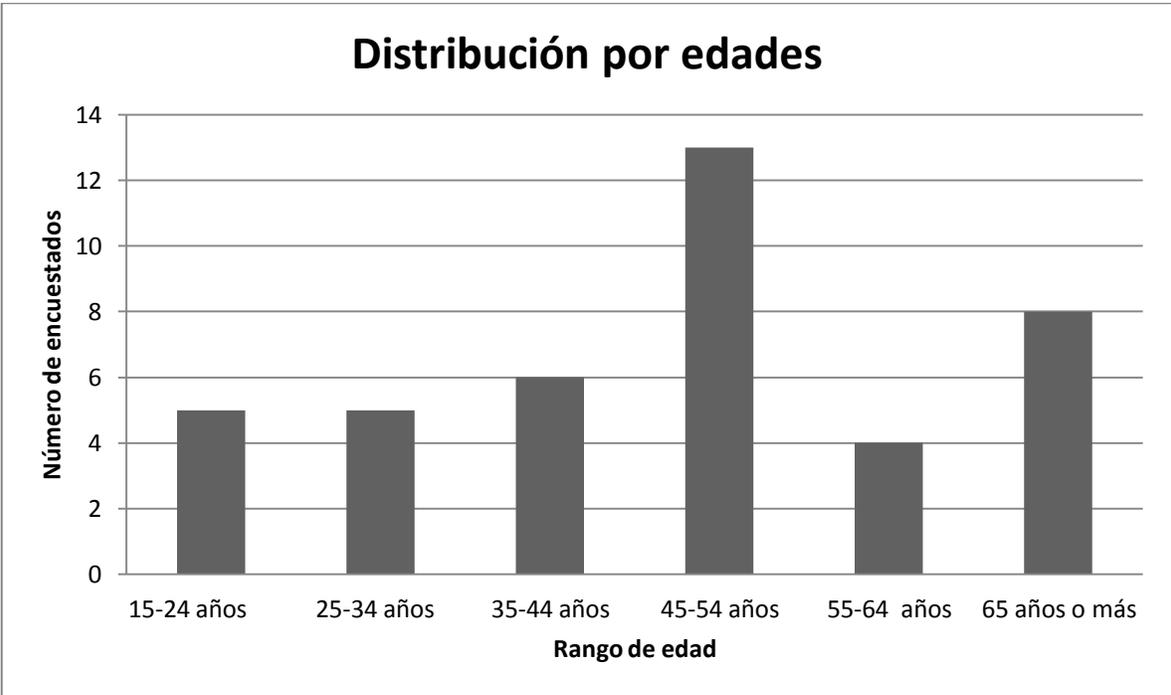
Figura 36. Aplicación del cuestionario a los pobladores de San Ignacio, Mulegé, Baja California Sur. Fotografías por Iván Alejandro Meza Matty, Gorgonio Ruíz Campos y Sergio Alejandro Celaya Delgado, 2017.

Los resultados, se presentan a continuación, por sección de preguntas.

La primera sección, se enfocó a las características de los entrevistados, las respuestas obtenidas fueron las siguientes:

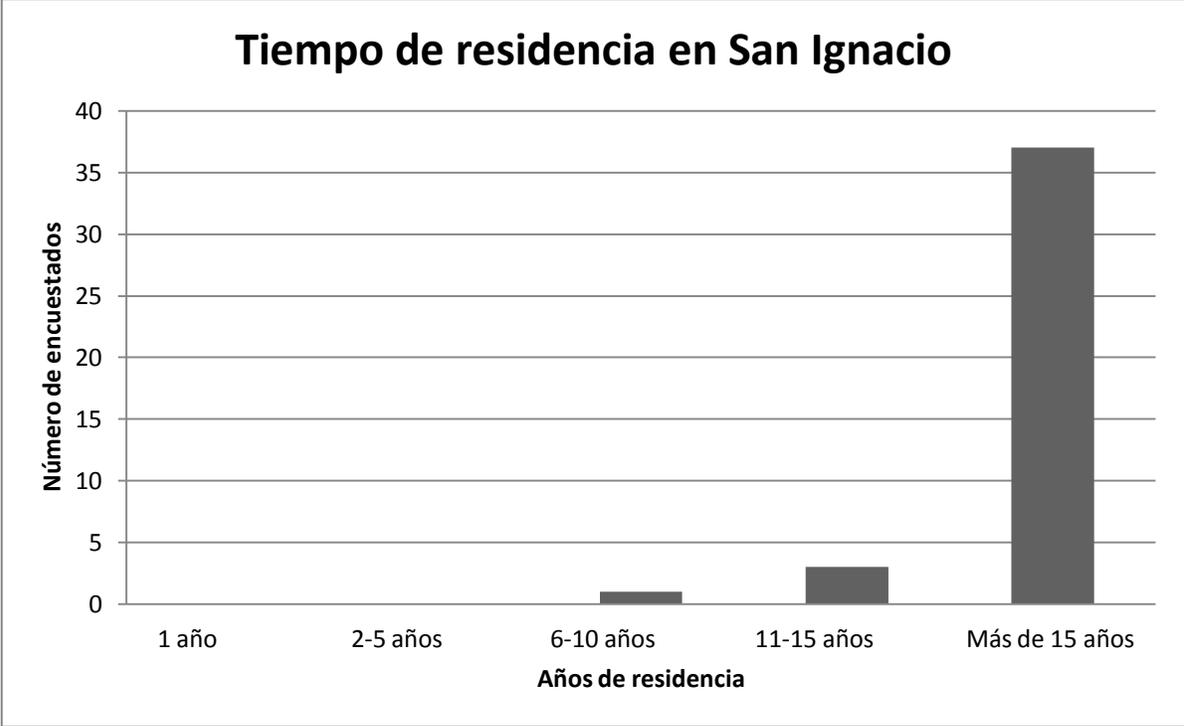
La mayoría de los entrevistados (25) fueron personas mayores a 45 años, siendo el grupo más numeroso el que agrupó las edades entre los 45 y 54 años teniendo un total de 13 individuos (Gráfica 12).

El grupo con el menor número de entrevistados fue el de 55 a 64 años (4 individuos).



Gráfica 12. Distribución por edades de los entrevistados en la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México.

El tiempo de residencia en la localidad indica que, entre las personas entrevistadas, la gran mayoría tiene más de 15 años viviendo en San Ignacio (Gráfica 13).



Gráfica 13. Tiempo de residencia de los entrevistados en la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México.

De las 41 personas entrevistadas en este estudio, 17 fueron mujeres y 24 hombres.

Respecto al lugar de nacimiento de los entrevistados, los resultados arrojaron que la gran mayoría nació en San Ignacio (26 individuos) y 10 personas nacieron en algún otro municipio de Baja California.

Se encontró también entre los entrevistados, una persona del estado de Jalisco y otra del estado de Sonora.

La preparatoria fue la escolaridad más frecuente entre los entrevistados (12 individuos), seguido de la secundaria terminada con 10 entrevistados. Solo tres

individuos están estudiando la Universidad o ya la terminaron. Se presentó un entrevistado que no asistió a la escuela.

La ocupación más frecuente entre los entrevistados fue la de comerciante con 12, el segundo grupo con mayor cantidad de entrevistados fue la de ama de casa (6), cabe señalar que en este grupo fueron mujeres en todos los casos.

En total fueron 13 tipos de ocupaciones distribuidas entre los 41 entrevistados (Anexo II.3. Gráficas sobre resultados de los entrevistados, Primera sección).

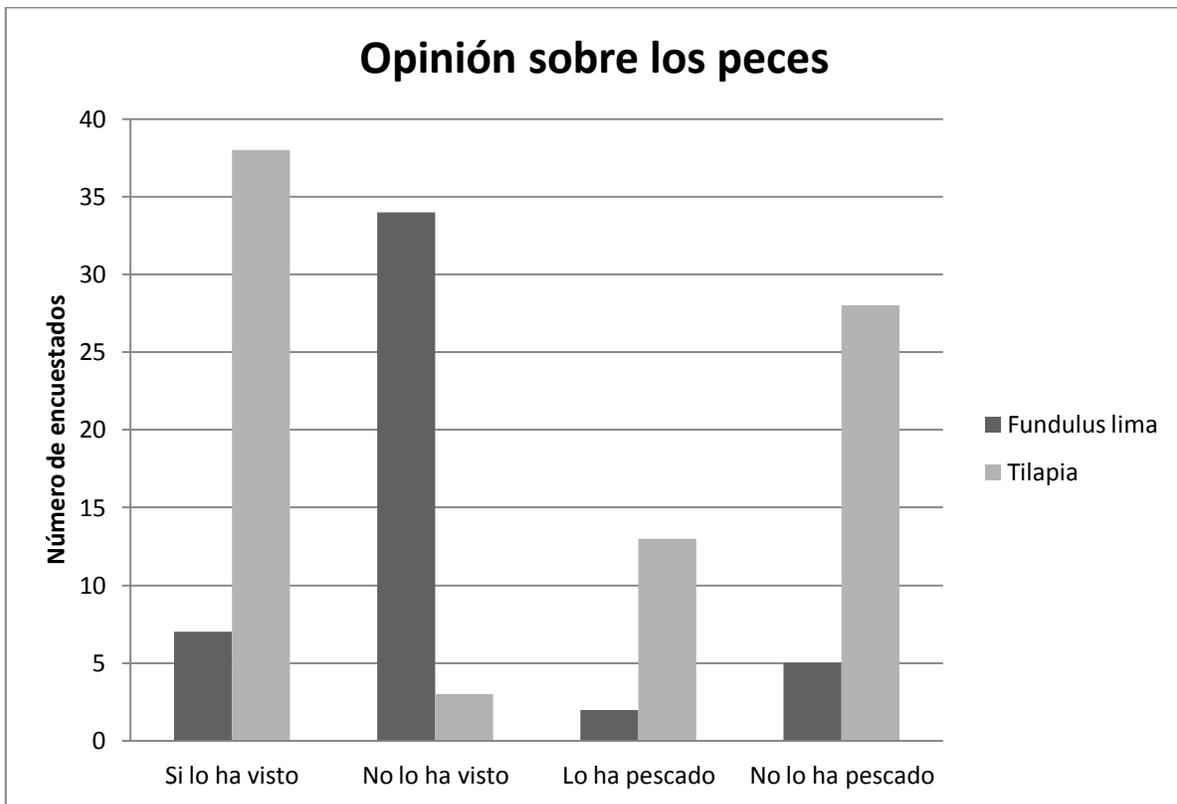
En la segunda sección del cuestionario fue omitida la primera pregunta número 8, debido a que todos los entrevistados respondieron que si conocían las pozas u oasis de la zona (Anexo II.3. Gráficas sobre resultados de los entrevistados, Segunda sección).

La mayoría de los entrevistados desde hace 10 años o más acostumbran visitar las pozas. Las actividades con mayor frecuencia realizada por los entrevistados fue descansar, nadar y pasear cuando van a los oasis, en especial en verano, debido a que en esa estación la temperatura del agua es ideal para los pobladores de San Ignacio. Así mismo, los entrevistados acostumbran ir acompañados por familia o amigos. Solo un caso se presentó donde la persona le gustaba ir solo. También un punto importante en nuestra investigación fue que cinco entrevistados acostumbraban ir a pescar a los oasis (Anexo II.3. Gráficas sobre resultados de los entrevistados, Segunda sección).

En la tercera y última sección del cuestionario (Gráfica 14), está relacionada con los peces que hay en los oasis de la zona de estudio, las preguntas fueron divididas en dos grupos, las relacionadas con la especie endémica *Fundulus lima* y las relacionadas con la tilapia.

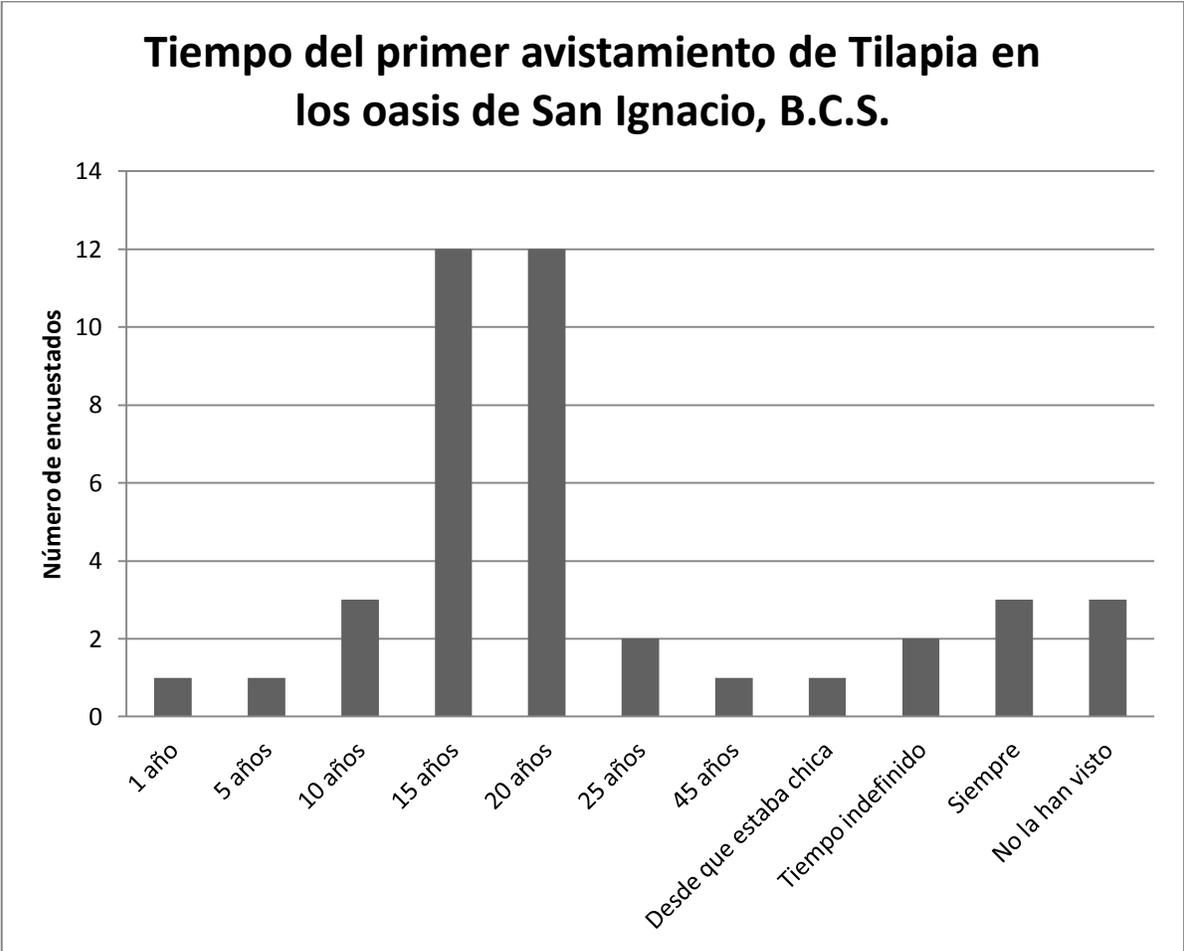
En cuanto a *Fundulus lima* (conocido también como roñosito o sardinita por los pobladores), solo siete entrevistados conocen a la especie, de las cuales solo una lo ha pescado, sin embargo, no lo utilizó, lo pescó solo como diversión. El arte de pesca que utiliza esta persona es por medio del anzuelo. Respecto a la tilapia, la

gran mayoría de los entrevistados la identificó (38 individuos), de los cuales 13 entrevistados la han pescado, principalmente con anzuelo, sin embargo, solo uno la cocinó y no le gustó, otro individuo la utilizó para limpiar su estanque y los otros 11 la pescaron por diversión.



Gráfica 14. Resumen de las preguntas sobre los peces *Fundulus lima* y *Tilapia* cf. *zillii* en San Ignacio, Baja California Sur, México.

Así mismo se identificó que la mayoría de las personas han visto la tilapia desde hace varios años, entre 15 y 20 años (24 individuos). Tres individuos mencionaron que desde siempre la han visto, dos más desde tiempo indefinido y otra persona mencionó que desde cuando ella estaba chica o era niña (Gráfica 15).



Gráfica 15. Tiempo del primer avistamiento de la tilapia por los entrevistados de la localidad de San Ignacio, Baja California Sur, México.

El resumen de la información adicional que dieron las personas en el cuestionario (38 de ellos), es mostrado en la tabla 8. En ella, se presentan dos tipos de valoración. La primera, se puede definir como “puntual” por centrarse en datos de tipo “presencia-ausencia” (Como: “Se han secado las pozas”, o “Se acabó la carpa”), cuyo valor se asignó por la frecuencia en que los informantes lo mencionaron.

Las respuestas con mayor frecuencia para las preguntas 16, 30, 31 y 32 del cuestionario fueron: “Ha habido crecientes en temporadas (incluye respuestas que indican que originaron una menor profundidad por azolve en los oasis, destrozos, etc.)” (20) “Se ha contaminado el agua de los oasis” (9) “Incendios en los palmares” (7) “Han desaparecido varias especies por la tilapia” (7) “Se han secado las pozas” (6) y “Bajar un proyecto para desazolver los oasis” (6). (Aparecen en la tabla 6 con negritas las más abundantes -en número de casos en que se hacía referencia a la misma idea-).

El segundo tipo de valoración es denominada “por implicación”, que Álvarez-Gayou (2005) menciona como relacionada con la importancia de opiniones que sólo se expresan una o pocas ocasiones (En la tabla 8 aparecen con mayúsculas las respuestas relevantes en este sentido).

En esta situación se agrupan las respuestas como: “Se ha contaminado el agua por culpa de la tilapia”, “No nos gusta el pescado de aquí, preferimos el del mar, los paisitas les gusta consumir la tilapia y carpa de aquí”, “Que no pesquen la tilapia, se ve bonita” y “La tilapia ha impactado a muchos peces”.

Tabla 8. Respuestas obtenidas de 38 participantes del cuestionario aplicado en la zona de estudio. Las preguntas planteadas que generaron esta tabla fueron: 16.- *¿Ha observado algún cambio en las pozas desde que las visita?* 30.1.- *¿Qué cambio o cambios ha observado con la introducción de la tilapia?* 31.- *¿Desea agregar algo más sobre las pozas?* 32.- *¿Desea agregar algún otro comentario sobre los peces de las pozas?*

Respuesta	Frecuencia	Objeto de interés
Se han secado las pozas.	6	Agua (pozas)
Se ha contaminado el agua de los oasis.	9	
---	---	---
Pérdida de biodiversidad.	1	El ecosistema y sus componentes
Incendios en los palmares.	7	
Ha habido crecientes en temporadas (menor profundidad por azolve en los oasis, destrozos, etc.).	20	
Se han afectado los oasis por la construcción de la carretera.	2	
El langostino se come el pescado.	2	
Se acabó la carpa.	2	
Se mueren los peces por la contaminación.	1	
---	---	---
Introducción de la Tilapia.	3	La tilapia
Aumentó la Tilapia.	1	
HAN DESAPARECIDO VARIAS ESPECIES POR LA TILAPIA.	7	
CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR CULPA DE LA TILAPIA.	4	
NO NOS GUSTA EL PESCADO DE AQUÍ, PREFERIMOS EL DEL MAR, LOS PAISITAS LES GUSTA CONSUMIR LA TILAPIA Y CARPA DE AQUÍ.	1	
QUE NO PESQUEN LA TILAPIA, SE VE BONITA.	1	
LA TILAPIA HA IMPACTADO A MUCHOS PECES.	1	
---	---	
Necesita más limpieza el río.	4	Solicitud de respuesta para sus necesidades
Bajar un proyecto para desazolvar los oasis.	6	
Hacer un programa para rescatar los oasis.	1	
Limpiar el palmar.	1	---
---	---	
Somos un pueblo mágico.	1	Otros

Análisis de amenazas

Lo primero obtenido como resultado del análisis de amenazas para los objetos de estudio, fue el coeficiente de ponderación para la asignación de valores, donde el sistema de “Potencial Muy Alto” fue el que obtuvo el mayor promedio en términos de contribución, rareza, calidad y valor de la herramienta. El sistema de “Potencial Bajo” obtuvo el menor promedio, debido a la menor contribución al sistema como grado de conservación en comparación con los demás sistemas (Tabla 9).

Tabla 9. Valores asignados para los distintos sistemas de conservación en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo 2012-2017.

Sistema de conservación	Contribución	Rareza	Calidad	Valor de la herramienta	Promedio
Potencial Bajo	2	4	1	2	2.25
Potencial Medio	2	4	1	4	2.75
Potencial Alto	4	4	2	4	3.5
Potencial Muy Alto	4	4	4	4	4

Para los oasis de la cuenca del Río San Ignacio se identificaron ocho impactos y doce causas de los mismos. Durante la evaluación de los impactos, se encontró que el de mayor severidad y alcance fue el declive poblacional de *Fundulus lima* por competencia con especies ícticas exóticas con un promedio de cuatro, seguido por la introducción de especies exóticas por unión de los oasis por cierto lapso de tiempo, debido al aumento del nivel del río y en tercer lugar, el afectamiento en las gónadas, hígado e intestino de *Fundulus lima* con tres. El resto de los impactos obtuvieron un promedio de dos o menor a dos. Para los valores de las causas o fuentes, la introducción de especies exóticas a consecuencia de la piscicultura rural y los fenómenos naturales (Huracanes) resultaron con el mayor valor que es cuatro, seguidos por el desconocimiento de áreas prioritarias para conservación de los oasis con un valor de tres; el resto de las causas obtuvo un valor de dos o menor a dos (Tabla 10).

Tabla 10. Puntuaciones de los Impactos y Fuentes en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo 2012-2017.

Impacto	Severidad/ Alcance	Promedio del impacto	Causas/Amenazas	Actual/ Futura	Promedio de la causa
Declive poblacional de <i>Fundulus lima</i> por competencia de especies ícticas exóticas	4/4	4	Introducción de especies exóticas a consecuencia de la piscicultura rural	4/4	4
			Unión de los oasis por crecientes provocadas por fenómenos naturales (Huracanes)	2/2	2
Afectamiento en las gónadas, hígado e intestino de <i>Fundulus lima</i> .	2/4	3	Transmisión del nematodo endoparásito (<i>Contraecaecum multipapillatum</i>) por parte de aves acuáticas ictiófagas (cormoranes, garzas, etc.).	2/2	2
Pérdida de biodiversidad y deterioro de los oasis por falta de plan de conservación de delimitación de áreas prioritarias.	2/2	2	Desconocimiento de áreas prioritarias para conservación de los oasis.	2/4	3
			Deforestación	2/2	2
Sobreexplotación de agostaderos y mantos acuíferos subterráneos	1/1	1	Consumo de agua por parte de la población de San Ignacio	1/1	1
Incremento de desechos en los oasis	1/0.5	0.75	Turismo	1/1	1
Pérdida de la calidad del agua y sedimentación	1/1	1	Ganadería (Caprino y vacuno)	1/1	1
			Acuicultura	1/2	2
			Agricultura	1/1	1
			Vertido de aguas residuales	1/1	0.75
Eutrofización por estancamiento del agua	1/0.5	0.75	Construcción de diques a lo largo de los oasis	0.5/1	0.75

En la asignación de los valores de los impactos y sus fuentes para los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, con base en sus respectivos atributos de severidad y alcance, así como las condiciones actuales y futuras, se determinó que el impacto con mayor valor hacia el sistema es el declive poblacional de *Fundulus lima* por competencia con especies ícticas exóticas”, el cual obtuvo una puntuación de 300, clasificándola en la categoría de priorización “Muy Alto”, seguido por la pérdida de biodiversidad y deterioro de los oasis con 125 puntos, igualmente categorizado en “Muy Alto”, después el afectamiento en las gónadas, hígado e intestino de *Fundulus lima* y pérdida de la calidad del agua y sedimentación, ambos impactos entraron en la categoría “Alto”. El impacto de eutrofización por estancamiento del agua fue el que obtuvo la menor puntuación con solo 7.03, entrando en la categoría “Bajo”.

En lo que respecta a los sistemas de conservación, el “Potencial Muy Alto” es el que se encuentra mayormente impactado, seguido se encuentra el “Potencial Alto”; en menor grado el “Potencial Medio” y por último el “Potencial Bajo”. Todos ellos impactados principalmente por la competencia de especies ícticas exóticas contra la especie endémica *Fundulus lima*, entre otras (Tabla 11).

Tabla 11. Valores asignados para los sistemas de conservación en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México, durante el periodo 2012-2017.

Objetos de conservación o sistema						
Impactos	Potencial Bajo	Potencial Medio	Potencial Alto	Potencial Muy Alto	Total	Categoría
Declive poblacional de <i>Fundulus lima</i> por competencia con especies exóticas	54	66	84	96	300	Muy Alto
Pérdida de biodiversidad y deterioro de los oasis por falta de plan de conservación de delimitación de áreas prioritarias	22.5	27.5	35	40	125	Muy Alto
Afectamiento en las gónadas, hígado e intestino de <i>Fundulus lima</i>	13.5	16.5	21	24	75	Alto
Perdida de la calidad del agua y sedimentación	10.69	13.06	16.63	19.00	59.38	Alto
Sobreexplotación de agostaderos y mantos acuíferos subterráneos	2.25	2.75	3.5	4	12.5	Bajo
Incremento de desechos en los oasis	1.69	2.06	2.63	3.00	9.38	Bajo
Eutrofización por estancamiento del agua	1.27	1.55	1.97	2.25	7.03	Bajo
Amenaza total del sistema	114.89	140.42	178.72	204.25	638.28	

Análisis de riesgo de especies exóticas

Posteriormente, debido a que el mayor impacto identificado en el análisis de amenazas, fue el declive poblacional de la especie endémica *Fundulus lima* por competencia con especies ícticas exóticas, se identificó con la herramienta FISK que especies ícticas exóticas tienen un mayor potencial de invasividad en el área de estudio, donde *Tilapia cf. zillii* obtuvo la mayor puntuación numérica (36) así como un nivel umbral de alto riesgo. Así mismo *Gambusia affinis* y *Cyprinus carpio* se posicionaron dentro del nivel de alto riesgo, mientras que *Poecilia reticulata* fue la especie que obtuvo menor puntuación (14), categorizado en un nivel de riesgo medio (Tabla 12).

Tabla 12. Puntuación y niveles de riesgo para las diferentes especies exóticas ubicadas en la cuenca de los oasis del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

Especies	Nombre común	Puntuación	UK (1;19)	Japan (1;19.8)	UD (1;24)
<i>Tilapia cf. zillii</i>	Tilapia panza roja	36	Alto	Alto	Alto
<i>Gambusia affinis</i>	Pez mosquito	29	Alto	Alto	Alto
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	27	Alto	Alto	Alto
<i>Xiphophorus hellerii</i>	Cola de espada	18	Medio	Medio	Medio
<i>Poecilia reticulata</i>	Gupi	14	Medio	Medio	Medio

Propuesta de manejo

Para la aplicación de las propuestas de manejo para el pez endémico *Fundulus lima* y sus diferentes hábitats en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, se procedió a la identificación de los actores potenciales, los cuales van de agencias intergubernamentales, sector privado, organizaciones sociales, instituciones de la comunidad científica, hasta los habitantes de San Ignacio. El alcance de dichas propuestas tendrá impacto en el ámbito local, regional, nacional e internacional, enfocándose principalmente en resaltar la importancia para la conservación de estos sitios (Tabla 13).

Tabla 13. Actores potenciales identificados para la realización de la propuesta de manejo del pez endémico *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), INE (Instituto Nacional de Ecología), CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), UABC (Universidad Autónoma de Baja California), UABCS (Universidad Autónoma de Baja California Sur, CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada), CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste), SIMAC (Sociedad Ictiológica Mexicana A.C.), UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), AZFGD (Arizona Game and Fish Department), CDFG (California Department of Fish and Game), FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), IUCN (International Union for Conservation of Nature), WWF (World Wildlife Fund) y DFC (Desert Fishes Council).

Tipos de actores/Nivel de influencia	Local (Municipal)	Regional	Nacional	Internacional
Funcionarios públicos	Director de ecología municipal de Mulegé Presidente Municipal de Mulegé	Delegado de Ecología del Estado	N/A	N/A
Agencias de gobierno	Departamento de ecología municipal de Mulegé Gobierno Municipal de Mulegé	Dirección de ecología del Estado	SEMARNAT, INE, CONANP, CONABIO, CONAGUA	AZFGD, CDFG, FAO
Sector privado	N/A	Procesadora de Harina de pescado en Santa Rosalía	N/A	N/A
Comunidad científica	N/A	UABCS	UABC, CIBNOR, CICESE, UNAM, SIMAC	N/A
Organizaciones conservacionistas	N/A	N/A	Pronatura, Pro esteros	IUCN, WWF, DFC
Actores menos organizados Propietarios de tierras	Habitantes de San Ignacio	N/A	N/A	N/A

En las figuras 37-41 se observa el índice de EstPre, el cual arrojó cuatro categorías a partir de los indicadores de presión y estado. Esto significa, que un valor mayor de EstPre indica un mejor estado y una menor presión, indicando con ello, la prioridad para la aplicación de la acciones, con el fin, de disminuir los impactos en la unidad evaluada. Veintinueve unidades se sitúan en la clasificación de prioridad “Muy Alta”, después se encuentra la prioridad “Alta” con veintitrés unidades, seguida por la clasificación de prioridad “Media”, la cual contiene la mayor cantidad de unidades en éste índice con treinta y siete unidades, y por último, la clasificación “Baja” con cinco unidades (Tabla 14).

Tabla 14. Unidades correspondientes a la clasificación de prioridad obtenida por el índice EstPre, durante el periodo 2012-2017 en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California, México.

Prioridad	Unidades
Muy Alta	1, 3, 5, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 26, 30, 31, 33, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 47, 56, 60, 63, 68, 85, 88, 92
Alta	12, 25, 28, 29, 32, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 48, 49, 52, 53, 55, 66, 67, 74, 76, 79, 90, 93
Media	2, 4, 6, 7, 8, 9, 14, 17, 20, 23, 24, 27, 50, 51, 54, 57, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 69, 70, 71, 73, 75, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 91
Baja	21, 46, 72, 78, 94

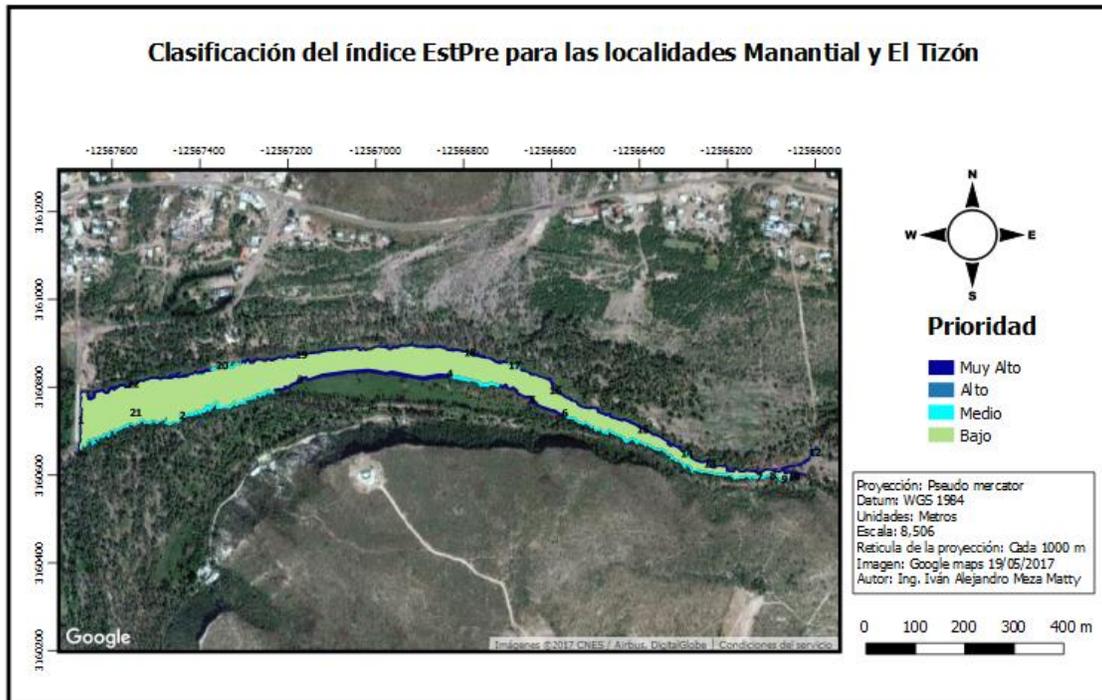


Figura 37. Clasificación del Índice EstPre en las localidades “Manantial” y “El Tizón”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.

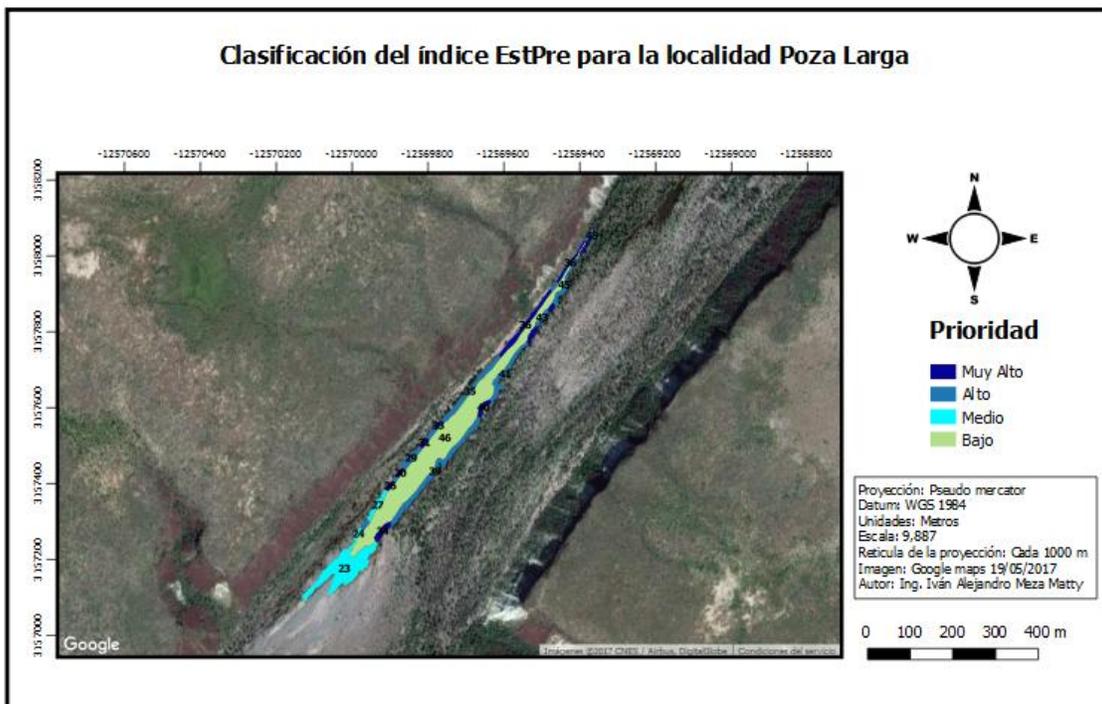


Figura 38. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “Poza Larga”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.

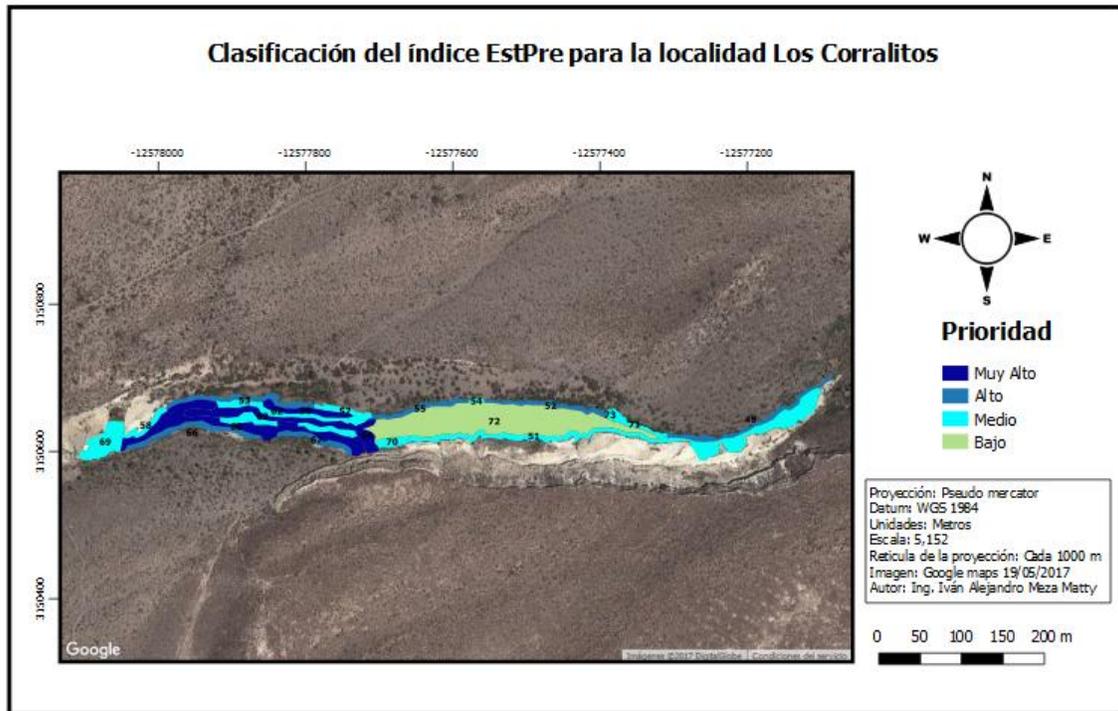


Figura 39. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “Los Corralitos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.

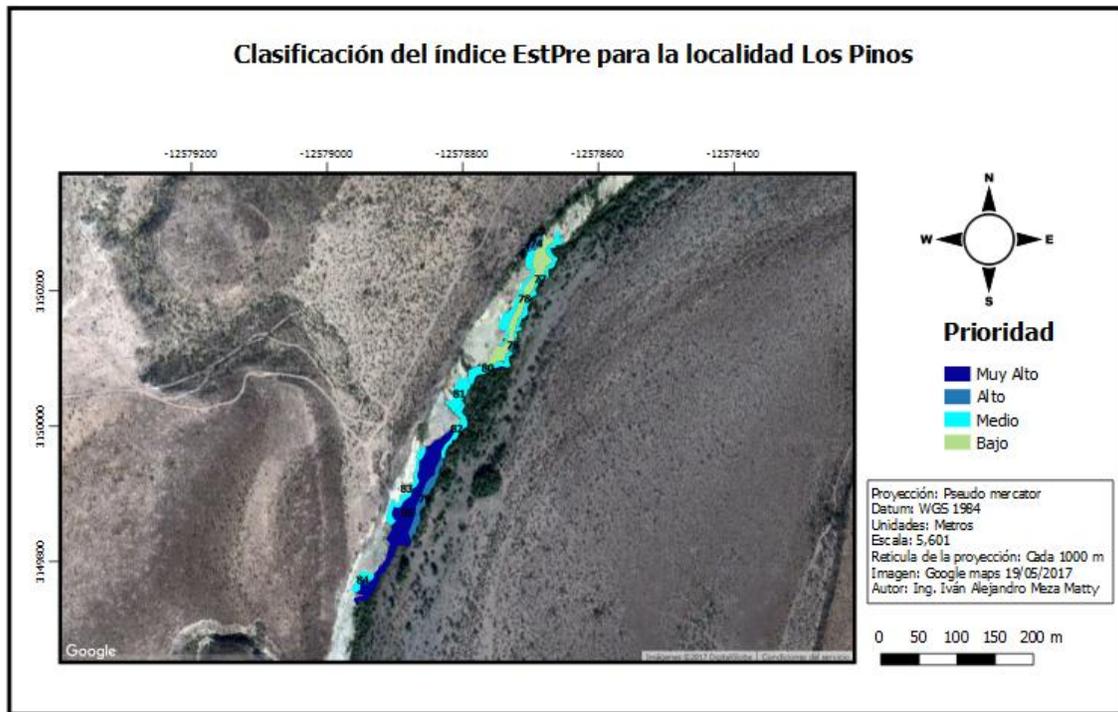


Figura 40. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “Los Pinos”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México

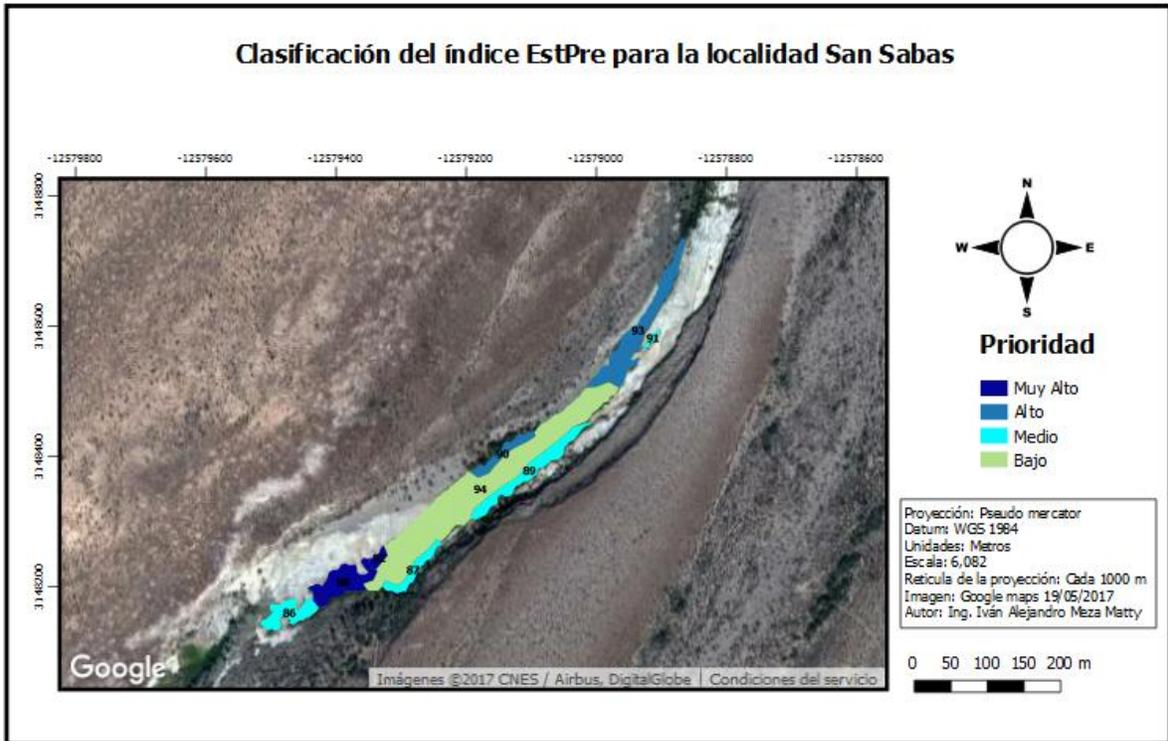


Figura 41. Clasificación del Índice EstPre en la localidad “San Sabas”, Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.

Como complemento a las propuestas de manejo a nivel sistema se identificaron seis fortalezas, nueve oportunidades, nueve debilidades y trece amenazas por medio de un análisis FODA, las cuales fueron colocadas en una matriz para la generación de recomendaciones (Tabla 15).

Tabla 15. Análisis FODA para los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur, México.

	Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
1	Gran abundancia del recurso agua	Educación ambiental a los habitantes de San Ignacio y turistas	Introducción de especies exóticas	Pérdida de biodiversidad
2	Gran diversidad de especies de flora y fauna	Investigación científica	Susceptible a sufrir impactos por fenómenos naturales	Nematodo endoparásito (<i>Contraecaecum multipapillatum</i>)
3	<i>Fundulus lima</i> es una de dos especies endémicas de toda la Península de Baja California	Turismo	Falta de recursos económicos	Contaminación por basura
4	El área de estudio se encuentra en los límites de la reserva de la biósfera El Vizcaíno	Creación de nuevos empleos	No hay un plan de manejo de <i>Fundulus lima</i>	Deforestación
5	Las localidades “Los Corralitos”, “Los Pinos” y “San Sabas”, son sitios retirados de la población (10 km), ayudando con ello, a estar más conservados que los demás	Apoyos económicos por parte del gobierno para control y erradicación de peces exóticas	No hay planes de erradicación de especies exóticas	Ganadería
6	Existen antecedentes en el sitio, que explican que las especies exóticas son menos tolerantes a fenómenos naturales extremos, que la especie endémica <i>Fundulus lima</i>	Mayor interés en la importancia de la especies endémicas	Poca concientización de la población para la protección de especies endémicas	Uso del agua para huertos familiares
7		Integración de los oasis del Río San Ignacio en la reserva de la biósfera El Vizcaíno	No existen planes de manejo de desechos.	Acuicultura
8		Unión ciudadana	Poco reconocimiento de la	Vertimiento de aguas residuales al Río San

			especie endémica <i>Fundulus lima</i> por parte de la población de San Ignacio	Ignacio
9		Trabajos participativos por parte de la comunidad de San Ignacio	No le gusta la Tilapia del sitio como alimento a los pobladores de San Ignacio.	Desconocimiento de la población acerca de los impactos de la introducción de especies exóticas
10				Apatía de la población frente a solucionar la problemática
11				Disminución de la profundidad de los oasis por azolve, ocasionado por fuertes crecientes
12				Incendios en los palmares
13				Crecimiento demográfico

A continuación, con base en los resultados previos y material de apoyo obtenidos durante este estudio (Anexo III.1. Modelo FPEIR de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio) se presentan las propuestas de manejo a nivel unidad y a nivel sistema con las unidades que corresponden en cada uno, proyectos para resolver o minimizar los impactos, las actividades a realizar, los actores potenciales, y la priorización con la que se deben tratar los impactos para la protección del pez endémico *Fundulus lima* (Tabla 16 y 17).

Tabla 16. Propuestas de manejo para los impactos a nivel unidad en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

Impacto	Proyecto	Actividad	Responsable(s)	Priorización	Unidades a aplicar
<p>Declive poblacional de <i>Fundulus lima</i> por competencia con especies exóticas, al punto de la extirpación en los oasis en algún momento a futuro, como ha sucedido en otros cuerpos de agua.</p>	<p>Plan de control y remoción de especies icticas exóticas</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar técnicas y herramientas adecuadas y eficientes para la extracción de las especies icticas exóticas, en especial de <i>Tilapia cf. zillii</i> en los oasis. -Establecer técnicas de extracción masiva adecuadas y eficientes, así como la disposición final de los ejemplares extraídos. -Socializar y divulgar el plan de control y remoción, y el protocolo para la extracción y disposición final de los ejemplares capturados. -Ajustar el protocolo de extracción y disposición a partir de los resultados obtenidos del programa de investigación y monitoreo implementado en los sitios de estudio. 	<p>CONANP y UABC</p>	<p>Muy Alta</p>	<p>Todas</p>
<p>Pérdida de biodiversidad y deterioro de los oasis estudiados por impactos antropogénicos por falta de un plan de conservación de áreas prioritarias.</p>	<p>Plan de conservación de áreas prioritarias de los oasis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Delimitar los sitios de conservación donde se presentó la especie endémica <i>Fundulus lima</i>, en especial, los que se ubican dentro de las localidades más alejadas del poblado San Ignacio ("Los Corralitos", "Los Pinos" y "San Sabas"), las cuales se encuentren mayormente conservadas. -Capturar individuos de la especie endémica <i>Fundulus lima</i> de las localidades de la alta cuenca ("Manantial", "El Tizón" y "Poza Larga") las cuales se encuentran mayormente impactadas por especies icticas exóticas y transportarlos a las zonas delimitadas de conservación de la cuenca baja ("Los Corralitos", Los Pinos" y "San Sabas") o una reserva alterna dentro de la misma ecorregión (Ejemplo: Arroyo San Gertrudis en la misión de Santa Gertrudis que carece de la tilapia exótica) para en un futuro, reintroducir a la especie endémica, después de haber aplicado eficazmente los planes de control y remoción de especies icticas exóticas en las localidades de la alta cuenca, con el fin de garantizar el éxito de la repoblación de <i>Fundulus lima</i>. -Continuar realizando muestreos ictiológicos para monitorear a la especie endémica <i>Fundulus lima</i>, con el fin de observar la efectividad de las acciones realizadas. 	<p>UABC, CONANP</p>	<p>Muy Alta</p>	<p>Todas</p>
<p>Afectamiento en las gónadas, hígado e intestino de</p>	<p>Tratamiento médico a</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Captura de individuos de <i>Fundulus lima</i> mediante muestreos periódicos. -Identificación de individuos infectados. 	<p>UABC, CONANP</p>	<p>Alta</p>	<p>Todas</p>

Fundulus lima.	individuos infectados	-Tratamiento a los individuos que posean el nematodo endoparásito (<i>Contraecum multipapillatum</i>). -Devolver los individuos medicados al área donde fueron capturados.			
Pérdida de biodiversidad por deforestación. Pérdida de hábitat de la especie endémica <i>Fundulus lima</i> . Comunidad aviar seriamente afectada, como por ejemplo, la disminución de individuos del ave endémica <i>Geothlypis beldingi</i> (Rodríguez-Estrella et al. 1997).	Reforestación	-Restaurar condiciones para el crecimiento de vegetación acuática tanto sumergida como emergente en los oasis donde se ha encontrado a la especie endémica <i>Fundulus lima</i> y donde se han observado aves nativas: <ul style="list-style-type: none"> • Junco (<i>Scirpus californicus</i>) • Tule (<i>Typha domingensis</i>) • Carrizo (<i>Phragmites communis</i>) • Palma nativa (<i>Washingtonia robusta</i>) 	UABC, Habitantes de San Ignacio, Dirección de ecología del estado, Director de ecología municipal de Mulegé, CONANP	Alta	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 17, 25, 27, 28, 29, 32, 35, 37, 39, 41, 43, 45 y 48
Introducción de especies ícticas exóticas por eventos extremos meteorológicos	Plan de infraestructura del puente San Ignacio y diques	-Remodelación del puente San Ignacio. -Construcción de diques especiales a lo largo del oasis a futuro en caso de ser necesarios para la contención de especies ícticas exóticas.	Gobierno municipal de Mulegé	Media	Todas
Introducción de especies ícticas exóticas por escape de granjas acuícolas	Monitoreo de instalaciones en granjas acuícolas	-Rigorosas normas para no permitir que se escape ninguna especie acuícola a los oasis.	SEMARNAT	Media	Todas
Incremento de desechos en los oasis	Campaña de limpieza	-Realizar mensualmente campañas de limpieza y pláticas hacia los turistas y habitantes de San Ignacio sobre el impacto que provoca la contaminación en los oasis	UABC, Gobierno municipal de Mulegé	Media	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22
Contaminación microbiológica	Sistema de drenaje de la población de	-Elaborar un sistema de drenaje que tenga como destino una planta de tratamiento de agua residual. -Tratar el agua hasta que cumpla con los límites permisibles según la NOM-001-	Gobierno Municipal de Mulegé	Media	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19,

	San Ignacio	SEMARNAT-1996.			20, 21 y 22
Disminución de profundidad en los oasis, por lo tanto, menor cantidad almacenada y pérdida de calidad de agua en los mismos	Desazolve de oasis	-Desazolver por temporadas el oasis donde se encuentran las localidades "Manantial" y "El Tizón".	Gobierno municipal de Mulegé	Baja	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22
Sobreexplotación de agostaderos y mantos acuíferos subterráneos.	Control de crecimiento urbano	-Determinar cuál es la cantidad de agua que debe de extraerse sosteniblemente. -Abastecer a cada actividad económica (Ganadería, Agricultura, Turismo, etc) y a la población de San Ignacio con la cantidad determinada de agua en el anterior paso.	Gobierno Municipal de Mulegé, CONAGUA	Baja	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22
Pérdida de la calidad del agua y sedimentación por desechos, especialmente en épocas de lluvia	Delimitación de áreas de pastoreo	-Delimitar áreas de pastoreo con el fin de disminuir los impactos.	Pobladores de San Ignacio, Director de Ecología Municipal, Delegado de Ecología del Estado, CONANP	Baja	1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 48
Pérdida de la calidad del agua y sedimentos, especialmente en épocas de lluvia o de aplicación de fitosanitarios. La aplicación de fertilizantes puede generar pequeños procesos de eutrofización de las aguas en el Río San Ignacio	Manejo de agua residual agrícola	-Capacitación a los agricultores por medio de cursos y talleres, donde se dé a conocer técnicas orgánicas para la práctica de dicha actividad. Así, como el uso sostenible del recurso agua y el suelo.	Gobierno municipal de Mulegé	Baja	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22

Tabla 17. Propuestas de manejo para los impactos a nivel sistema en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

Debilidades, oportunidades o amenazas y componentes asociados del análisis FODA	Proyecto	Actividad(es)	Responsable(s)
F4, F6, O1, O2, O4, O5, O8, O9, D1, D3, D5, A1, A8, A9, A10,	Plan de control y erradicación de especies ícticas exóticas	<p>-Identificar que técnicas o herramientas serán adecuadas para la extracción de especies ícticas exóticas en especial de <i>Tilapia cf. zillii</i> en los oasis.</p> <p>-Establecer técnicas de extracción masiva, adecuadas y eficientes, así como la disposición final de los ejemplares extraídos, como por ejemplo la procesadora de harina de pescado de Santa Rosalía.</p> <p>-Socializar, divulgar e invitar a los habitantes de San Ignacio en participar en el plan de control y remoción, y el protocolo para la extracción y disposición final de los ejemplares capturados.</p> <p>-Ajustar el protocolo de extracción y disposición a partir de los resultados obtenidos del programa de investigación y monitoreo implementado.</p> <p>-Impartir talleres de concientización ambiental a los habitantes de San Ignacio, con el fin de que se enteren de los impactos que han provocado y pueden provocar las especies ícticas exóticas a los oasis, con el fin de que ya no las introduzcan nuevamente, porque si así fuera, sería ineficaz el plan de control y erradicación.</p> <p>-Rigorosas normas para no permitir que se escape ninguna especie acuícola a los oasis por parte de la actividad acuícola.</p>	<p>Habitantes de San Ignacio, Director de Ecología del municipio de Mulegé, CONANP, CONABIO, SEMARNAT, UABC, UABCS, CICESE, UNAM, WWF, DFC, Pronatura, Pro esteros, SIMAC, DFC, CDFG, IUCN, WILD Coast, AZFGD, FAO, Procesadora de Harina de pescado en Santa Rosalía</p>

<p>F2, F3, F4, F5, F6, O1, O2, O3, O4, O6, O7, O8, D2, D3, D4, D6, D8, D9, A1, A2, A10</p>	<p>Pez sardinilla peninsular (<i>Fundulus lima</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Delimitar áreas exclusivas para la protección de la especie endémica <i>Fundulus lima</i>. -Aplicar medidas de conservación para dichas áreas. -Capturar y trasladar individuos de <i>Fundulus lima</i> de otros oasis, donde presentan escasas poblacional o mayor impacto, a estas áreas, con el fin de aplicar los planes de erradicación y control de especies ícticas exóticas sin afectar individuos de la especie endémica <i>Fundulus lima</i>. -Continuar monitoreando a la especie endémica <i>Fundulus lima</i> con muestreos ictiológicos periódicos, con el fin de observar si las poblaciones se han mantenido, aumentado o disminuido con el transcurso del tiempo, así mismo, monitorear el estado de salud de cada individuo para detectar alguna posible afectación por el cambio de lugar. -Implantar sensores en individuos con el fin de determinar el desplazamiento y con ello poder conocer más el tipo de vida que tiene esta especie endémica. -En caso de encontrar especímenes afectados por el nematodo endoparásito (<i>Contracaecum multipapillatum</i>) u otras enfermedades, proceder a un tratamiento médico para la supervivencia de dichos especímenes. -Tener a los especímenes capturados en las áreas delimitadas hasta que sea viable su repoblación en los oasis de donde fueron extraídos. -Realizar talleres o platicas a habitantes de San Ignacio, para darles a conocer la importancia que tiene en la zona la especie endémica <i>Fundulus lima</i>, actualmente catalogada en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010), con el fin de que conozcan y adquieran un sentido de propiedad y carisma de la especie endémica, ya que la mayoría de los entrevistados en este trabajo, ni siquiera pudieron reconocerla. 	<p>UABC en conjunto con CICESE, UNAM, UABCS, CONANP, CONABIO, SIMAC, WWF, DFC, CDFG, AZFGD, IUCN, WILD Coast</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>F2, F4, F5, 01, 02, 03, 04, O8, 09, D3, A1, A4, A5, A12</p>	<p>Reforestación</p>	<p>-Llevar a cabo un programa de reforestación de las siguientes especies vegetales en las orillas de los oasis donde se ha encontrado a la especie endémica <i>Fundulus lima</i> y en zonas donde se han observado aves nativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Junco (<i>Scirpus californicus</i>) • Tule (<i>Typha domingensis</i>) • Carrizo (<i>Phragmites communis</i>) • Palma nativa (<i>Washingtonia robusta</i>) <p>-Delimitar las áreas de pastoreo con el fin de disminuir impactos, como lo es la compactación del suelo y depredación de algunas especies vegetales por parte del ganado de la zona.</p> <p>-Realizar pláticas sobre cómo obtener recursos maderables de forma sostenible, ya que se encontró que los pobladores de San Ignacio, utilizan algunas especies vegetales, en especial palma nativa (<i>Washingtonia robusta</i>), con el fin de utilizarlas como madera y material para construcción de casas o cercos.</p>	<p>Habitantes de San Ignacio en conjunto con UABC, Director de ecología municipal, Delegado de ecología del Estado, CONANP, CONABIO, INE, Pronatura, Pro esteros</p>
<p>F1, O1, O4, O8, D2, D3, D7, A3, A5, A6, A7, A8, A13</p>	<p>Regulación de descarga de agua residual y manejo de residuos</p>	<p>-Elaborar un sistema de drenaje que tenga como destino una planta de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>-Tratar el agua residual hasta que tenga los requerimientos que se piden en la NOM-001-SEMARNAT-1996.</p> <p>-Utilizar el agua tratada para la agricultura, con el fin de utilizar la menor cantidad posible de los oasis para dicha actividad, y con ello evitar una sobreexplotación del recurso y disminuir la extracción de agua subterránea.</p> <p>-Realizar periódicamente campañas de limpieza en los oasis con el fin de eliminar la</p>	<p>Gobierno Municipal de Mulegé en conjunto con habitantes de San Ignacio, CONAGUA, SEMARNAT, UABC, UABCS, Pronatura, Pro esteros, CONANP.</p>

		<p>basura que contamina los oasis.</p> <p>-Talleres de concientización ambiental para darle a conocer a los habitantes de San Ignacio y turistas el impacto de la contaminación por desechos en los oasis, provocando que estos se contaminen y puedan ocasionar enfermedades en todo aquel que utilice el vital líquido, para sus actividades cotidianas.</p> <p>-Determinar un nuevo lugar para la disposición de desechos del poblado San Ignacio, debido a que el actual, no tiene las suficientes y correctas condiciones para su operación, provocando ser un peligro para los oasis del sitio, debido a que se encontró mediante la observación, que estos residuos llegan a los oasis durante la temporada de lluvias, y con ello provocar que el agua se contamine y representando un peligro para las especies aviarias e ícticas.</p>	
O2, O4, O8, O9, D2, D3, A1, A11	Desazolve de oasis de la cuenca del río San Ignacio	-Realizar labores de desazolve por temporadas en los oasis, principalmente en el oasis donde están las localidades "Manantial" y "El Tizón", donde se identificó por parte de la población con los cuestionarios implementados durante este trabajo y mediante la observación, como los sitios con una mayor afectación por dicho problema.	Gobierno municipal de Mulegé en conjunto con los habitantes de San Ignacio
O2, O4, O9, D1, D2, D3, A1, A10	Plan de infraestructura en puente y diques	-Remodelación del puente San Ignacio y construcción de diques especiales a futuro con el fin de contener la introducción de especies ícticas exóticas por desbordamiento del Río San Ignacio por fenómenos extremos naturales.	Habitantes de San Ignacio en conjunto con el Gobierno Municipal de Mulegé, CONAGUA, CONANP y UABC

7. Discusión

En el presente estudio, los valores de los parámetros en cada una de las localidades, presentaron similitudes con respecto a los obtenidos por Ruiz-Campos y colaboradores en el 2008. El valor de temperatura más alto se registró en la localidad “Manantial” con un valor de 27.64 °C, el valor máximo por Ruiz-Campos fue de 33.96 °C en la localidad “San Sabas” el día 5 de julio de 2007; mientras que la temperatura más baja fue de 20.16 °C en la localidad “Los Corralitos”, el obtenido por Ruiz-Campos y colaboradores (2008), fue de 16.4 °C, registrado en la localidad “Los Pinos”. La salinidad mostrada en años anteriores en el área de estudio, presentó una tendencia de aumento de río arriba a río abajo, con un valor de (<0.1 ppt) en octubre de 2002 (“El Tizón”) siendo éste el más bajo y el más alto (4.3 ppt) en julio de 2004 (“San Sabas”). El oxígeno disuelto durante los muestreos de este estudio oscilaron entre los 7.15 mg/l (“Los Corralitos”, marzo 2017) y los 11.2 mg/l (“San Sabas”, marzo 2017), siendo similares a los obtenidos por Ruiz-Campos y colaboradores (2008). El potencial de hidrógeno (pH) en la cuenca del Río San Ignacio osciló entre 7.02 (“El Tizón”, octubre de 2002) y 11.45 (Poza “San Sabas”, julio de 2007) durante los muestreos realizados por Ruiz-Campos y colaboradores (2008). Todos estos valores fisicoquímicos obtenidos indican, que están dentro del intervalo óptimo y aceptable a los que la especie endémica *Fundulus lima* necesita para vivir (Ruiz-Campos *et al.*, 2003), sin embargo, también es óptimo y aceptable para las especies ícticas exóticas encontradas en el área de estudio.

Muestreos estacionales (1992-1993) en el oasis de San Ignacio (“El Tizón”), previos a la introducción de *Tilapia* cf. *zillii* en el año 1996, indicaron que *Fundulus lima* era la especie íctica dominante en esta localidad, con niveles de abundancia relativa entre 70 y 97% (Alanís-García, 1995). A pesar de eso, diez años después, en los muestreos de 2002-2004 realizados por Ruiz-Campos y colaboradores (2008), la comunidad íctica se encontró dominada por el cíclido exótico *Tilapia* cf. *zillii* (84-94%), mientras que la especie endémica *Fundulus lima* apenas ocupó niveles de abundancia entre 3 y 8%, dando un claro ejemplo de exclusión

competitiva por el recurso hábitat (Douglas *et al.*, 1994). Doce años después, durante los muestreos realizados en enero y febrero de 2016 por Celaya y colaboradores (2016), y muestreos realizados en este estudio (marzo de 2017), los valores de abundancia del pez *Fundulus lima* en las trampas continuaron siendo bajos (14.08%), concordando con la tendencia que pronosticaban Ruiz-Campos y colaboradores (2008). En los muestreos realizados durante este estudio, la CPUE de *Fundulus lima* fue aún menor que los de Ruiz-Campos (2008), siendo la CPUE más alta de la especie endémica en la localidad “Los Corralitos”. Cabe recalcar que en las localidades “Poza Larga”, “San Sabas” y “Manantial” no se registró ningún espécimen de esta especie durante este muestreo, lo cual, contrasta en anteriores muestreos realizados por Ruiz-Campos y colaboradores (2008), donde la especie endémica *Fundulus lima* había sido capturada. Con respecto a las especies ícticas exóticas, *Tilapia cf. zillii* fue la que presentó una mayor incidencia en la mayoría de las localidades, durante los muestreos de marzo de 2017 y el efectuado por Celaya y colaboradores (2016) en enero y febrero de 2016, en especial “El Tizón” y “Manantial”, comprobando lo que Ruiz-Campos y colaboradores (2008) concluyeron sobre la posible dominancia en un futuro de *Tilapia cf. zillii* sobre la especie endémica *Fundulus lima*. En las localidades “Los Corralitos”, “Los Pinos” y “San Sabas” también se presentó esta especie exótica (*Tilapia cf. zillii*), teniendo una mayor CPUE que la especie endémica *Fundulus lima*, indicando que con el transcurso de los años, *Tilapia cf. zillii*, especie que era considerada rara en estas localidades (Ruiz-Campos, 2012) ha ido aumentando, al punto de ser la especie dominante, comprobando lo concluido por Ruiz-Campos y colaboradores (2008).

Por otro lado, los tipos de unidades de hábitat que fueron identificados en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, presentan diferencias en el CPUE del pez endémico *Fundulus lima*, ya que unos contienen tipos de vegetación (*Scirpus californicus*, *Phragmites communis*, *Washingtonia robusta*), y sustrato rocoso o arenoso de poca profundidad (0.3-2.0 metros), los cuales son hábitats observados preferentes de la especie endémica *Fundulus lima* (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996; Ruiz-Campos *et al.*, 2003), dichos hábitats le sirven como refugio,

reproducción, desove y mayor fuente de alimento, otros como medio de transporte (Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso), todos ellos esenciales para la supervivencia del pez endémico *Fundulus lima*.

Como dato interesante el 19 de enero de 2016, Celaya y colaboradores (2016) realizaron un muestreo en Lake Side (Localidad tipo de Ruiz-Campos *et al.*, 2008). Dicha localidad se encuentra cercana y conectada a las localidades “El Tizón” y “Manantial”, donde capturaron dos especies ícticas, *Fundulus lima* fue la especie dominante en esa localidad con un 1.46 (75.25%) de CPUE (ind./trampa/h), también se capturó *Tilapia cf. zillii* registrando 0.48 (24.75%) ind./trampa/h. Por ello, se indica que aunque no se capturó ningún individuo de la especie endémica *Fundulus lima*, con el esfuerzo de muestreo ejercido durante marzo de 2017, en las localidades “El Tizón” y “Manantial”, es probable que siga habiendo presencia de esta especie endémica, por lo cual se sugiere seguir realizando muestreos a futuro en las localidades “El Tizón” y “Manantial”.

Durante los muestreos de 2004, Ruiz-Campos y colaboradores (2008) encontraron una alta mortalidad, causada por el evento de inundación extrema provocada por el huracán “Marty”, considerado por la mayoría de los residentes locales como el más fuerte en los últimos 50 años. Casi 10 meses después del evento de inundación, las poblaciones de *Fundulus lima* mostraron tasas de recuperación mayor que las de especies ícticas exóticas. Esto fue consecuencia de supervivencias más altas de *Fundulus lima* durante las fuertes crecidas del río (Ruiz-Campos *et al.*, 2008). Propst y Gido (2004) indicaron que se ha registrado en arroyos con flujos regulados del suroeste de Norteamérica, una alta capacidad de repoblación por peces nativos después de eventos de inundación. Sin embargo en el muestreo realizado durante este estudio (marzo de 2017), las poblaciones de varias especies ícticas exóticas se han recuperado e incrementado, siendo más altas que la especie endémica *Fundulus lima*, en especial de *Tilapia cf. zillii*.

Ruiz-Campos y colaboradores (2006a) encontró que a causa de la crecida del Río San Ignacio, provocada por el huracán Marty en el 2004, hubo dispersión de peces exóticos en distintas localidades, donde no se habían encontrado (“Poza

Larga” y “San Sabas”), en especial *Tilapia* cf. *zillii*. La abundancia de *Tilapia* cf. *zillii* desde su primera detección en las localidades antes citadas, incluyendo “Los Corralitos” y “Los Pinos”, se ha ido manteniendo o aumentando progresivamente, a tal nivel de ser la especie dominante en los muestreos de julio de 2016 y marzo de 2017.

Como nota importante, también se confirmó la presencia de la especie íctica exótica *Gambusia affinis* en la localidad “Manantial”, la cual fue capturada por primera vez en el año 2015 (datos no publicados). Lowe y colaboradores (2000) citaron que esta especie se encuentra dentro de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), presentando con ello, un riesgo de alto potencial contra la especie endémica *Fundulus lima* y sus hábitats (Anexo I.1. Breve descripción de especies ícticas exóticas registradas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio).

La estructura poblacional por tallas de la especie endémica *Fundulus lima* durante el muestreo realizado en marzo de 2017, estuvo conformada por tres clases de talla en las localidades “Los Corralitos” y “Los Pinos”, únicas localidades donde se encontró a la especie endémica *Fundulus lima*. La talla promedio en este estudio fue mayor a lo obtenido en el periodo 2002-2004 por Ruiz-Campos y colaboradores (2008). Sin embargo, la abundancia difiere, posiblemente al impacto por la competencia con especies exóticas, principalmente *Tilapia* cf. *zillii*, la cual se encontró en todas las localidades y presentó una mayor abundancia en cinco de las seis localidades en este estudio, a excepción de la localidad “Poza Larga” donde la especie *Cyprinus carpio* fue ligeramente más alta, comprobando con ello, lo predicho por Ruiz-Campos (2012), sobre la reducción de *Fundulus lima* por competencia de hábitat con *Tilapia* cf. *zillii*. La talla de los especímenes de *Tilapia* cf. *zillii* capturados durante los muestreos realizados durante marzo 2017, rondaron dentro de los 25 y 75 mm en las trampas tipo “minnow”, tallas que no son comerciales, y en la red agallera se obtuvieron dos ejemplares de 196 y 193 mm respectivamente, tallas que tampoco alcanzan el mínimo para ser una talla

comercial (200 mm) (FAO, 2005). Este problema de enanismo, puede deberse a un excesivo reclutamiento y como consecuencia una masiva competencia entre las misma especie por el alimento y hábitat (FAO, 2005). Sin embargo, Celaya y colaboradores (2016) explican que la carne de este cíclido, también podría utilizarse como materia prima para generar biofertilizantes y/o harina de pescado, demandando con ello, consumo y producción de grandes cantidades de ejemplares, en especial, las localidades “Manantial” y “El Tizón”, donde se ha presentado la mayor abundancia de ejemplares durante los últimos muestreos (2016-2017).

La especie endémica *Fundulus lima* se originó de la migración de algunos especímenes de *Fundulus parvipinnis*, vía fluvial hasta llegar a los actuales oasis, resultando de una especiación alopátrica vicariante (Camarena-Rosales, 2000). Debido a que no se encontraron antecedentes que mencionen la distancia del ámbito de dispersión de la especie endémica, se tomó el área de cada oasis de la cuenca del Río San Ignacio, como medida de dispersión para dicha especie, ya que estos oasis se encuentran desconectados superficialmente la mayor parte del año, a excepción de ciertas épocas de lluvia, comúnmente durante el verano, especialmente provocadas por huracanes, como ejemplo, el suceso ocurrido en el año 2003 por el huracán “Marty” (Ruiz-Campos *et al.*, 2008), donde se interconectaron dichos oasis por las fuertes crecientes provocadas por dicho fenómeno. Lo mencionado anteriormente (conexión entre los oasis estudiados) se comprueba con el estudio realizado en este trabajo sobre la delimitación de la cuenca como se puede observar en la figura 16, donde se observa dicha interconexión entre todos los oasis estudiados.

Utilizando el ámbito de dispersión propuesto en este estudio (área de cada uno de los oasis) para la especie *Fundulus lima*, la distribución potencial fue diferente en los muestreos de agosto de 2012 y marzo de 2017 en comparación con los obtenidos por Ruiz-Campos y colaboradores (2008). Durante el muestreo de marzo de 2017 aplicado en las localidades “Manantial”, “Los Corralitos”, “Los Pinos” y “San Sabas”, se encontró solo un grupo poblacional fuente de seis

especímenes de *Fundulus lima* en la localidad “Los Corralitos”, y un espécimen capturado de dicha especie en la localidad “Los Pinos”, el cual fue tomado como isla. Mientras que en agosto de 2012, un muestreo aplicado en las localidades “El Tizón” y “Poza Larga” por Ruiz-Campos y colaboradores (2014b), se observó un grupo poblacional de 157 especímenes. Por tanto, con ello se concluye que la distribución potencial de *Fundulus lima* durante el muestreo de marzo de 2017 fue sumamente distinta, en comparación con lo obtenido por Ruiz-Campos y colaboradores (2008) en los muestreos de 2002-2004, indicando con ello que durante el transcurso de los últimos años, la debacle de la abundancia poblacional de *Fundulus lima* a llegado al punto de las extinción (SEMARNAT, 2010) en las localidades estudiadas, como consecuencia principalmente de la competencia y dominancia de especies ícticas exóticas, en especial, *Tilapia* cf. *zillii*. Dichas especies ícticas exóticas han ido poblando sitios nuevos (*Gambusia affinis*, localidad “Manantial”) y aumentado en los últimos años.

A pesar de lo mencionado anteriormente, durante los muestreos de agosto de 2012 y marzo de 2017, aun se encontraron grupos poblacionales fuente de la especie endémica *Fundulus lima*, los cuales posiblemente aportan individuos a otros parches o colonizan nuevos, como lo mencionado por Lopez y colaboradores (2000), quien indica, que donde hay poblaciones persistentes como las encontradas en este estudio, a los alrededores se encuentran poblaciones más pequeñas que tienden a la extinción o a la supervivencia, dependiendo de las condiciones que se presenten en el ecosistema. En el patrón del paisaje de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, se encontró un mosaico compuesto por parches de diferentes tipos de unidad de hábitat (Anexo I.3. Tipo y proporción de área por hábitat en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio), los cuales fueron: a) “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)”, b) “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, c) “Somero con sustrato arenoso sin vegetación”, d) “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, e) “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, f) “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, g) “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”, h) “Pocitas”, i) “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante

Enteromorpha sp.”, j) “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, k) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, l) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, m) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” y n) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”; todos ellos representando unidades que pueden ser diferenciados. Por otro lado, la matriz corresponde a la unidad de hábitat “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, ya que de acuerdo con la métrica CAP es la de mayor cobertura espacial y la más extensa, mientras que las unidades de hábitat “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, de poca profundidad con sustrato rocoso, “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, y junco (*Scirpus californicus*) y “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, se consideraron como corredores, ya que dichos hábitats son los encargados de vincular entre sí a los demás parches o coberturas en este estudio. Dichos parches son de gran importancia debido a que protegen las conexiones, sustentan poblaciones viables, dan refugio y cobertura de escape a las poblaciones que se encuentran dentro del ámbito de dispersión propuesto en este trabajo para la especie endémica *Fundulus lima*.

Durante la evaluación de la conectividad y fragmentación dentro de los diferentes tipos de cobertura, permitió la identificación de los procesos que permiten la presencia de la especie endémica *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio. Las unidades de hábitat “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, de poca profundidad con sustrato rocoso, “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, y junco (*Scirpus californicus*) y “Somero con sustrato rocoso sin vegetación” son conectores que

facilitan el desplazamientos de especímenes de un sitio a otro en busca de alimento, refugio y nuevos lugares para reproducirse o colonizar.

La conectividad es considerada un atributo esencial para la conservación de una especie ya que mantiene la viabilidad de una dinámica metapoblacional, reduciendo el tamaño de las poblaciones para mantenerlas genéticamente viables y permitir la migración a otros sitios, aumentando la probabilidad de supervivencia (Acosta *et al.*, 2003). Dicho escenario ocurre también en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, ya que durante las lluvias presentadas durante el verano, llegan a producir fuertes crecientes como lo ocurrido en el 2003 por el huracán “Marty” (Ruiz-Campos *et al.*, 2008), conectando todos los oasis estudiados en este trabajo, provocando un intercambio de organismos y colonizando nuevos sitios, mientras que durante la mayor parte del año, éstos se encuentran desconectados aislando poblaciones, donde algunas desaparecen con el paso del tiempo, dependiendo de las condiciones que se presenten.

La métrica ENN mide el grado de conexión del sistema a nivel espacial y estructural, no a nivel biológico o funcional, es por ello, que aunque la unidad de hábitat “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)” tiene un grado de conexión estructural bajo, el grado de conexión funcional es alto, debido a la relación que existe entre la abundancia y dicho tipo de hábitat, además, además que el pez endémico *Fundulus lima* tiene la facilidad de trasladarse de un parche a otro que se encuentra dentro del ámbito de dispersión aunque no se encuentre contiguo, debido a que no hay barreras físicas que impidan la dinámica poblacional dentro del oasis en el que se encuentra (Kindlmann y Burel, 2008).

En lo que se refiere a la fragmentación, ésta fue muy alta para la mayoría de los hábitats a excepción de las unidades de hábitat “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)” y “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, ya que estos se encuentran solo en la localidad “Los Corralitos”. A pesar de tener una fragmentación elevada la unidad de hábitat “Somero con sustrato rocoso sin vegetación” que es el que tiene más parches con 16 y estar

en el quinto lugar de porción de área (5.07%), tiene una conectividad importante en el sistema, ya que permite a las poblaciones mantenerse dinámicamente viables; de igual forma pasa con la unidad de hábitat ““Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”” que fue la segunda cobertura con mas parches (15) y ocupa el tercer lugar de porción de área (6.78%), muy inferior en comparación con el primer lugar que obtuvo 36.38% del área total, indicando con ello, que el tamaño de los parches son pequeños y por tanto, el riesgo de extinción de las poblaciones en este tipo de coberturas tiene una mayor probabilidad (Bennet, 2003).

Posteriormente en este estudio se trabajó con los habitantes de San Ignacio, ya que alrededor de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, se encuentra el poblado San Ignacio. Se aplicó a 41 personas (21 hombres y 17 mujeres), un cuestionario diseñado durante este proyecto (Anexo II.1. Cuestionario). Dicha herramienta nos permite describir la distribución de ciertos atributos que tienen una o varias comunidades donde es aplicado (Galindo *et al.*, 1998). El cuestionario se dividió en tres secciones: a) Preguntas generales, b) Preguntas sobre las pozas u oasis y c) Preguntas sobre los peces de las pozas u oasis.

Los resultados obtenidos en la primera sección, relacionada con los datos personales, indica que el grupo principal de edad fue de 45 años o más (24 entrevistados), mientras que los grupos con menos representación fue de 15 a 34 años con diez casos, lo cual sugiere que la población está compuesta principalmente por adultos maduros, concordando con el tiempo de residencia en la localidad, ya que el grupo más numeroso por mucho fue de más de 15 años con 37 casos, los cuatro entrevistados restantes que tenían menos de 15 años viviendo en la zona, eran personas que habían nacido fuera de San Ignacio. Cabe destacar que más de la mitad lleva más de 20 años viviendo en la región, y algunos de los cuales tienen más de 65 años (8 casos), viviendo en la comunidad.

Asimismo, 27 entrevistados nacieron en la localidad donde comprende la zona de estudio y 10 entrevistados nacieron en otro lugar de Baja California Sur.

De esta manera, se deduce que la residencia en la localidad es estable, ya que la gran mayoría de los entrevistados (37 casos) tiene más de 15 años viviendo en la región, ninguno lleva viviendo menos de 6 años y la mayoría (27 casos) nacieron en la región, además, otros diez entrevistados nacieron en Baja California Sur, lo que aprecia un apego a la zona.

La composición por género de los entrevistados, fue de 17 mujeres y 24 varones mientras que la ocupación de los entrevistados se centró principalmente en cuatro rubros. Comerciantes (12), amas de casa (6), servicios turísticos (4) y estudiantes (4), mientras que la escolaridad tuvo tres grupos principales, los que ingresaron a la preparatoria (12), los que terminaron la secundaria (10) y los que terminaron la primaria (8).

El hecho de que el grupo de ocupación más elevado se ubique en el comercio, puede deberse al turismo que llega a la región, principalmente aquellos turistas que van a ver ballenas y tienen que pasar por la región de San Ignacio y por aquellos que visitan la Misión de San Ignacio de Loyola, entre otros atractivos turísticos. Con respecto a la escolaridad, es interesante destacar que, en los resultados la escolaridad permaneció de nivel medio a básico en la comunidad.

La segunda sección, relacionada con los oasis, muestra que la afluencia a las pozas u oasis es bajo, debido a que las respuestas que presentaron una mayor frecuencia a la pregunta ¿Cada cuanto las visita? Fueron verano, cada año y más de un año. Las actividades más comunes cuando visitan los oasis son descansar, nadar y pasear. La permanencia en la zona es principalmente, más de 5 horas y suelen ir con familia o con amigos. Solamente cinco de los entrevistados comentaron que van a pescar.

Lo anterior es importante, debido a que los habitantes visitan pocas veces al año los oasis pero permanecen mucho tiempo cuando van y a esto le agregamos las actividades más comunes (descansar y nadar), se asume que los oasis se perciben mas como un lugar de uso recreativo que como un lugar para obtener recursos (pesca). Esta suposición se basa en gran medida con la proporción de

entrevistados que visitan los oasis cada verano (11 entrevistados) y cada año (9 entrevistados) los cuales probablemente se referían también al verano.

Los resultados de la tercera sección del cuestionario (sobre los peces), indican altas diferencias entre las especies ícticas, ya que mientras a la especie endémica *Fundulus lima* (Roñosito) solo siete de los entrevistados dijeron identificarla, 38 entrevistados reconocieron a la tilapia y 30 a la carpa. El mismo comportamiento ocurre con la pregunta sobre la pesca de esas especies, ya que la proporción de entrevistados que pescan la tilapia es mayor (13) que los que pescan a la especie endémica *Fundulus lima* (2). A partir de esto, las dos personas que pescaron a la especie endémica no la utilizaron, mientras que la tilapia solo fue utilizada por una persona y no le gustó.

Esto indica cuatro cosas.

Primero. Que *Fundulus lima* ha sido desplazado por la tilapia como la especie con mayor abundancia en los oasis, como lo indica Camarena-Rosales (1999); Ruiz-Campos (2000); Ruiz-Campos y colaboradores (2003, 2006a, 2008, 2012), que indican que la especie endémica ya no es la más numerosa en los oasis.

Segundo, que en la pregunta “¿Desde cuándo ha observado a la tilapia en las pozas?” más de la mitad de los entrevistados (24) concordaron en que la habían observado entre hace 15 a 20 años, lo cual concuerda con lo que indica Ruiz-Campos y colaboradores (2008), quien indican que en 1996 se introdujo la tilapia a uno de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio por un profesor de la comunidad.

Tercero. Que la mayoría de los pobladores de la localidad no reconocen a la especie endémica *Fundulus lima*.

Cuarto. Que los habitantes de San Ignacio no utilizan la tilapia y los pocos que la han probado no les gusta el sabor, teniendo una preferencia en los peces de agua salada por su sabor, que los de agua dulce.

Por tanto, se refuerza la idea de que ambas especies no son utilizadas en el menú de los pobladores de San Ignacio ya que las preguntas referentes a si las utilizaron o no, claramente se aprecia que la gran mayoría no las utiliza.

En cuanto a las opiniones relacionadas con la subjetividad de los entrevistados, resulta interesante, para los fines de este trabajo, que todas aquellas, a excepción de una sola persona (“Que no pesquen la tilapia, se ve bonita”) hayan sido negativas (“Aumentó la tilapia”, “Han desaparecido varias especies por la tilapia”, “La tilapia ha impactado muchas especies” y “No nos gusta el pescado de aquí, preferimos el del mar, los paisitas les gusta consumir la tilapia y carpa de aquí” y “Contaminación del agua por culpa de la tilapia” ya que esto, puede estar sugiriendo cierta aversión contra la tilapia, sobre todo porque los aspectos que se destacaron se relacionan directamente con la pérdida de otras especies y su consumo.

Respecto a los valores de impacto, la ponderación de los distintos sistemas de conservación arrojó que el potencial “Muy Alto” obtuvo el valor mayor, debido a que los cuatro atributos tuvieron una puntuación de 4, empezando con el atributo contribución, el cual indica que si el sistema desapareciera de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, desaparecería o sería fuertemente afectada la población del pez endémico *Fundulus lima*, llevándola a la posible extinción dañando todos sus hábitos dentro del área de estudio (Andrade *et al.*, 1999).

El siguiente atributo analizado fue la rareza, indicando que en el sistema se encuentran especies en peligro de extinción, como lo es el caso del pez endémico *Fundulus lima* (SEMARNAT, 2010). Así mismo la calidad, se ponderó ya que es uno de los mejores o únicos ejemplos de conservación del sistema a escala mundial o macrorregional y es el único donde podemos encontrar a la especie *Fundulus lima*. Y por último, carisma, el cual indica que tiene un muy importante o potencialmente importante valor científico, ecoturístico y/o educacional, de influencia en decisiones de conservación, así como la presencia de especies bandera (Andrade *et al.*, 1999). Otro punto importante que soporta la categoría de potencial “Muy Alto” es que este sistema contiene poblaciones fuente de la

especie endémica *Fundulus lima*, las cuales son esenciales para sustentar la dinámica actual y dar pie a más poblaciones. Lo mencionado anteriormente concuerda con lo explicado por Akzakaya y colaboradores (2006) “Todo aquel efecto de persistencia metapoblacional tipo isla-continente está relacionado con la población fuente...”.

Ya que los oasis de la cuenca del Río San Ignacio son sistemas frágiles y susceptibles a perturbaciones antropogénicas, similares a los que sucede en islas y hábitats mesófilos relictos (Velázquez-Miranda *et al.*, 2011), los cuales sirven como un refugio para el pez endémico *Fundulus lima*, brindándoles hábitats aptos para su desarrollo (Ruiz-Campos, 2012), es prioritario la protección contra las amenazas que afectan dichos oasis, tales como aquellos identificados en el modelo de amenazas y análisis FODA.

De los impactos identificados en el área de estudio, el de mayor amenaza es el declive poblacional de *Fundulus lima* por competencia con especies ícticas exóticas, en especial el cíclido *Tilapia cf. zillii*, estando de acuerdo con lo mencionado por Ruiz-Campos y colaboradores (2008), quienes descubrieron que en poco tiempo, la especie exótica *Tilapia cf. zillii* pasó a ser la especie dominante en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio. Solo diez años le tomó a *Tilapia cf. zillii*, desde su introducción (1996), para poseer una abundancia relativa de 84 a 94% del total de todas las especies ícticas del área de estudio (Ruiz-Campos *et al.*, 2008).

Debido a que la mayor amenaza para la especie endémica *Fundulus lima* durante el análisis de amenazas, resultó ser la competencia con especies exóticas, se realizó un análisis de riesgo con la herramienta de identificación de riesgos para especies exóticas de peces, mejor conocido como Freshwater Fish Invasiveness Scoring Kit (FISK por sus siglas). Dicha herramienta se ha convertido en un modelo popular para la identificación de riesgos, con aplicaciones publicadas por todo el mundo (Copp *et al.*, 2009; Lawson *et al.*, 2012; Copp, 2013; Vilizzi y Copp, 2012; Almeida *et al.*, 2013, Puntilla *et al.*, 2013; Tarkan *et al.*, 2013; Larry *et al.*, 2015). Recientemente las actualizaciones (es decir, FISK v2), se efectuaron con el

fin de incorporar esta herramienta a diferentes zonas climáticas, entre ellas zonas mediterráneas (Almeida *et al.*, 2013; Simonivić *et al.*, 2013). El objetivo de la aplicación de dicha herramienta en este estudio fue identificar la invasividad de los peces exóticos en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio. Los resultados indicaron que *Tilapia cf. zillii* obtuvo la puntuación más alta (36), seguido por *Gambusia affinis* con 29, obteniendo con ello, un nivel umbral de alto riesgo ≥ 19 , los cuales concuerdan con lo obtenido por Larry y colaboradores (2015). Así mismo *Cyprinus carpio* se posicionó dentro del nivel de alto riesgo, estando de acuerdo con los estudios realizados por Vilizzi y Copp (2012), mientras que *Xiphophorus helleri* y *Poecilia reticulata* fueron las especies que obtuvieron menor puntuación, con un valor de 18 y 14 respectivamente, catalogándolas en un nivel de riesgo medio con un umbral < 19 , mismos que obtuvo para estas especies Larry y colaboradores (2015).

El índice EstPre nos indicó que la mayor parte de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio se encuentran en una calidad ecológica media (más del 50% del área total) concordando con Velázquez-Miranda y colaboradores (2011), ya que los impactos que se distribuyen a lo largo de los oasis, en especial, competencia con especies ícticas exóticas, se localizan a lo largo de todo el sistema representando una fuerte amenaza contra la integridad de la especie endémica *Fundulus lima*, así mismo la pérdida de biodiversidad en los oasis por deforestación en las localidades “Manantial”, “El Tizón” y “Poza Larga”, implica una amenaza contra los hábitats de la especie endémica, ya que durante el muestreo de marzo de 2017, entre otros muestreos previos (Ruiz-Campos, *et al.*, 2008), se encontró que *Fundulus lima* habita en zonas someras, donde hay raíces de las especie nativa vegetal *Washingtonia robusta* y/o exótica (*Phoenix dactylifera*) para utilizarlas como refugio, la cuales han sido taladas o quemadas por la población de San Ignacio para usarlas como material de construcción o leña. Por lo tanto, este índice utilizado, nos ofrece una amplia visión de cómo está el sistema y cuales amenazas lo están abordando, además de priorizar que unidades requieren una pronta o mayor atención para la disminución de impactos. De acuerdo con lo mencionado por Jackson y colabores (2000), quienes explican que los índices

elegidos deberán de dar información relevante que nos dé a conocer las condiciones ecológicas actuales y, que pueda asegurar y demostrar las medidas de los recursos evaluados.

Fue elaborada una tabla de actores potenciales para llevar a cabo las propuestas de manejo en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio en conjunto con la población de San Ignacio y la Reserva Nacional de la Biósfera “El Vizcaíno”, en la cual se incluyeron instituciones gubernamentales y no gubernamentales, organizaciones sociales e instituciones académicas, con el fin de que se lleve a cabo la integraciones de los proyectos sugeridos y salgan beneficiados todos aquellos que participen en la protección de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, los cuales son hogar de gran número de especies vegetales nativas, aviarias tanto migratorias como nativas (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a), y única zona donde se encuentra la especie endémica *Fundulus lima*, la cual se encuentra en peligro de extinción (Ruiz-Campos, 2012; Ruiz-Campos *et al.*, 2003, 2008).

Por último, el método FODA permitió la identificación de las limitantes y oportunidades que se presentan en la protección de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, donde se debe trabajar primordialmente con la delimitación de zonas prioritarias para conservación y, con la erradicación y control de especies ícticas exóticas, las cuales son la principal amenaza contra la supervivencia de la especie endémica *Fundulus lima* catalogada en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010). Así mismo, se debe trabajar cuanto antes con el conocimiento de la población hacia la especie endémica *Fundulus lima*, mostrándoles la importancia que tiene en los oasis, así como ser una especie única de estos sitios, debido a que la mayoría de los pobladores durante los cuestionarios aplicados, no reconocieron a dicha especie.

De acuerdo con Leech y Turner (2009), Bonnell (2009) y Flores-Galván (2013), el manejo de ecosistemas es un proceso en el cual, son descritas condiciones ecológicas, las cuales son necesarias para mantener y asegurar un ecosistema sano, así como una serie de acciones para lograrlo, por lo cual, durante el proceso es vital la interacción y comunicación entre los participantes del proyecto, la

sociedad e instituciones, para que con el paso del tiempo, puedan mejorarse las propuestas conforme los requerimientos lo soliciten para mantener la integridad y la calidad ambiental.

8. Conclusiones

Este estudio permitió dimensionar la problemática de peces exóticos en los sistemas de oasis sudcalifornianos, así como del estado actual de las poblaciones del pez endémico peninsular *Fundulus lima*. Por un lado es incongruente que en las zonas áridas de Baja California Sur, aún se sigan implementando programas de piscicultura rural con especies ícticas exóticas, y por otro se contemple la protección de las especies autóctonas. Para acabar de raíz con el problema de peces exóticos en la península, especialmente con la tilapia (*Tilapia cf. zillii*), será necesario prohibir las prácticas de introducción de este pez e iniciar programas de control y/o erradicación de la misma en aquellos sitios críticos donde el pez endémico ha sido extirpado.

Durante el muestreo realizado en este estudio (marzo de 2017) la abundancia de la especie endémica *Fundulus lima* fue menor en la localidad de “Los Corralitos” y “Los Pinos” y ausencia de la misma, en las demás localidades (“Manantial”, “El Tizón”, “Poza Larga” y “San Sabas”) en comparación con los muestreos del periodo 2002-2004, realizados por Ruiz-Campos y colaboradores (2008) y Ruiz Campos *et al.* (2014b), como consecuencia del impacto de la introducción de especies ícticas exóticas, principalmente *Tilapia cf. zillii*, especie con la cual presenta competencia de hábitat. Por tanto, La situación distribucional actual del pez endémico *Fundulus lima* es considerada como crítica en la cuenca del Río San Ignacio. Con esta investigación, se confirma el desplazamiento de la especie endémica *Fundulus lima* en los últimos años a causa de la competencia de hábitat con la especie exótica *Tilapia cf. zillii*.

Se capturaron dos especímenes de *Gambusia affinis* en la localidad “Manantial” el día 5 de marzo de 2017, confirmando la presencia de dicha especie en esta localidad, la cual fue capturada por primera vez en el año 2015 (datos no publicados), convirtiéndose esta especie (*Gambusia affinis*) en una posible amenaza a futuro para *Fundulus lima* y sus hábitats. Cabe señalar, que *Gambusia affinis* se encuentra catalogada dentro de las 100 especies exóticas invasoras más

dañinas del mundo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

De los catorce tipos de unidad de hábitat identificados en este estudio, la unidad “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)” registró la mayor abundancia con 98 especímenes durante el muestreo de agosto de 2012, mientras que en el muestreo de marzo de 2017, la unidad de hábitat “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)” obtuvo la mayor abundancia con solo seis individuos capturados de *Fundulus lima*.

La presencia de *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio se presentó en forma de distribución metapoblacional de tipo Isla-Continente.

El mosaico paisajístico en el área de distribución del pez endémico *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del río San Ignacio se compone de 14 tipos de unidad de hábitat: a) “De poca profundidad con sustrato rocoso y carrizo (*Phragmites communis*)”, b) “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, c) “Somero con sustrato arenoso sin vegetación”, d) “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, e) “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, f) “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, g) “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”, h) “Pocitas”, i) “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.”, j) “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, k) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, l) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, m) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” y n) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”; donde los corredores son las unidades de hábitat “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, de poca profundidad con sustrato rocoso, “Profundo con sustrato rocoso y palma

nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*), y junco (*Scirpus californicus*) y “Somero con sustrato rocoso sin vegetación” y la matriz fue la unidad de hábitat “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, ya que de acuerdo con la métrica CAP, es la de mayor cobertura espacial y la más extensa.

Los procesos evaluados que explican la distribución tipo metapoblacional de *Fundulus lima* en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio son: una fragmentación espacial elevada y un grado de conexión baja entre las localidades, debido a que solo se interconectan durante las crecidas del Río San Ignacio, provocadas por fuertes lluvias, en especial, huracanes (Ejemplo: Huracán “Marty”, 2003).

De acuerdo a los cuestionarios realizados, más de la mitad de los entrevistados (24) concordaron en que *Tilapia* cf. *zillii* tiene más de 15 años en la zona, como lo indican Ruiz-Campos y colaboradores (2008), mencionando que en 1996 se introdujo a esta especie íctica exótica por un profesor de la comunidad.

La mayoría de los pobladores de la localidad de San Ignacio no conocen a la especie endémica *Fundulus lima*.

Los habitantes de San Ignacio no utilizan a la tilapia y los pocos que la han probado no les gusta el sabor y prefieren los peces de agua salada por su sabor, que los de agua dulce. A excepción de los “paisitas”, quienes son señalados por pobladores de San Ignacio como consumidores de tilapia y carpa en la región.

El análisis de riesgo identificó que las especies exóticas que pueden presentar una mayor invasividad en la zona son *Tilapia* cf. *zillii*, *Gambusia affinis* y *Cyprinus carpio*.

El grupo de potencial “Muy Alto” en la clasificación del indicador DIPOT presenta el valor más alto por sus atributos como sistema de conservación.

El impacto de mayor amenaza para la especie endémica *Fundulus lima* y sus hábitat es la competencia con especies exóticas, en especial, *Tilapia* cf. *zillii*.

El índice estado-presión (EstPre) reveló que los oasis de la cuenca del Río San Ignacio se encuentran en un ambiente de calidad media para el desarrollo del pez endémico *Fundulus lima*.

Se requiere delimitar zonas de reclutamiento de individuos de *Fundulus lima* para su protección, en especial, en las localidades río abajo (“Los Corralitos”, “Los Pinos” y “San Sabas”), ya que dichas localidades, se localizan a varios kilómetros de la población más cercana, además de tener difícil acceso para llegar a las mismas, dando como resultado, ser las localidades menos afectadas por impactos antropogénicos hasta el momento.

Existe una localidad en la misma ecorregión donde se ubica la cuenca del Río San Ignacio, que podría funcionar como hábitat refugio para el pez endémico *Fundulus lima*. Se trata del manantial del Arroyo Santa Gertrudis cerca de la misión de Santa Gertrudis, donde el Dr. Gorgonio Ruiz Campos ha demostrado que las características fisicoquímicas y de hábitat de este arroyo son propicias para el establecimiento de este pez endémico, además de que carece de la presencia de la tilapia exótica (*Tilapia cf. zilli*).

El piscicida rotenona no es una opción viable para erradicación de especies exóticas, debido a que a pesar de que los oasis son cuerpos de agua separados, en temporada de lluvias el Río San Ignacio sube su nivel del agua y provoca el transporte de agua hacia estos oasis, provocando que especies de partes más altas lleguen a las partes bajas.

Para llevar a cabo las propuestas de manejo debe haber participación de todos los actores potenciales para realizar las acciones indicadas.

Se sugiere seguir monitoreando a futuro las localidades estudiadas en este trabajo, debido a que la especie endémica *Fundulus lima* se ha capturado en otra localidad (Lake Side) durante muestreos realizados recientemente (Celaya *et al.*, 2016). La localidad “Lake Side” esta interconectada con las localidades “El Tizón” y “Manantial”, indicando con ello, que aunque no se capturó a la especie endémica

en ciertas localidades durante el muestreo realizado en marzo de 2017, la presencia de la misma tiene una alta posibilidad.

9. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, J. G., Simonetti, A., Bustamante, O., & Dunstone, N. (2003). Metapopulation approach to assess survival of *Oncifelis guigna* in fragmented forest of central Chile: A theoretical model. *Mastozoología Neotropical*, 10(2), 217-229.
- Akzakaya, H. R., Mills, G., & Doncaster, C. P. (2006). The role of metapopulations in conservation. *Topics in Conservation Biology*, 4(5), 64-84.
- Alanís-García, J. (1995). Interacción trófica entre dos especies ícticas, *Fundulus lima* Vaillant y *Xiphophorus hellerii* Heckel, en el oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México. M. Sc. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, México. 81 pp.
- Alanís-García, J., G. Ruiz-Campos, A. Valdés-González y F. Abarca-González. (2004). Interacción trófica entre dos especies ícticas sintópicas, una nativa (*Fundulus lima*) y otra exótica (*Xiphophorus hellerii*), en el Oasis San Ignacio, Baja California Sur, México. Págs. 93-216. En: Homenaje al Dr. Andrés Reséndez-Medina: un ictiólogo mexicano (M. L. Lozano-Vilano y A.J. Contreras-Balderas, eds). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Almeida, D., F. Ribeiro, P.M Leunda, L. Vilizzi, and G.H. Copp. (2013). Effectiveness of FISK, an invasiveness screening tool for non-native freshwater fishes, to perform risk identification assessments in the Iberian Peninsula. *Risk Analysis* 33(8):1404-1413.
- Álvarez del Villar, J. (1970). *Peces mexicanos (claves)*. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras, Secretaria de Industria y Comercio, México, D.F. 166 pp.
- Andrade, M. H., Morales, G., & Hernández, A. (1999). Guía de análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales. *The Nature Conservancy*. 45.
- Andreu-Soler, A. y 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, México. *The southwestern naturalist* 58(2): 192-201.

- Arista-Palacios. V. B. (2016). Aspectos de edad y crecimiento de *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae) en las cuencas de los ríos San Ignacio y La Purísima, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 98 pp.
- Arriaga, L., S. Díaz, R. Domínguez, y J. L. León. (1997). Composición florística y vegetación. Pags. 69- 106. En *Los Oasis de la Península de Baja California* (L. Arriaga y R. Rodríguez Estrella, eds). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz, B.C.S.
- Arriaga-Cabrera, L., V. Aguilar-Sierra, y J. Alcocer-Durand. (2000). Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.
- Axelrod, D. I. (1948). Climate and evolution in western North America during middle Pliocene time. *Evolution* 2:127–144.
- Azuz-Adeath, I., I. Espejel, E. Rivera-Arriaga, J. L. Ferman y G. Seingier, (2010). Referentes internacionales sobre indicadores e índices. Historia y estado del arte, p. 845-858. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche, Cetyus-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.
- Baker, R. H. A., Black, R., Copp, G. H., Haysom, K. A., Hulme, P. E., Thomas, M. B., Brown, A., Brown, M., Cannon, R. J. C., Ellis, J., Ellis, M., Ferris, R., Glaves, P., Gozlan, R. E., Holt, J., Howe, L., Knight, J. D., MacLeod, A., Moore, N. P., Mumford, J. D., Murphy, S. T., parrott, D., Sansford, C. E., Smith, G. C., St-Hilaire, S. y Ward, N. L. (2008). The UK risk assessment scheme for all non-native species En: *Neobiota Series*: In Press. Pp.

- Bennet, A. F. (2003). Linkages in the Landscape The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 262.
- Bissonette, J. A., & Storch, I. (2003). Landscape ecology and resource management. Island Press, Washington, D.C., USA. *Conservation Ecology* 7(2): 3.
- Blake, B., Thompson, B., Polk, W., Johnson, J., Duckworth, B., & Stan, B. (2005). S.W.O.T. ANALYSIS Identifying Your Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats. *Texas Cooperative Extension*, 1-18.
- Bobadilla, M., M. Espejel, F. Lara, S. Álvarez, S. Borrego, S. Ávila, F. Almada, y J. Luis (2013). Esquema de evaluación para instrumentos de política ambiental. *Política y cultura*, (40), 99- 122.
- Bonnell, J. (2009). Ecosystems and Ecosystem Management. *Agriculture and Natural Resources*, 6(09), 1-4.
- Breceda, A.L. (2005). Uso de los recursos naturales en los oasis de Baja California Sur. I taller sobre los oasis del Noroeste de México (Resúmenes). Programa de planeación ambiental y conservación. Centro de Investigadores biológicas del Noroeste S.C. La Paz, Baja California. 25pp.
- Burel, F., & Baudry, J. (2003). Landscape Ecology: Concepts, Methods, and Applications. Enfield, N.H.: *Science Publishers, Inc.*, 394.
- Camarena Rosales, F. C. (2000). Estudio de la variabilidad genética de *Fundulus lima* y sus relaciones filogeográficas con otros fundúlidos (Pisces: Fundulidae) de la Península de Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L013. México D. F.
- Camarena-Rosales, F., J. De La Rosa-Vélez, F. Correa-Sandoval & G. Ruiz-Campos. (1999). Estudio de la variabilidad genética de *Fundulus lima* y sus relaciones filogeográficas con otros fundúlidos (Pisces: Fundulidae) de la península de Baja California, México. Final Technical Report L013, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 42 pp.

- Castro-Aguirre, J. L., Ruiz-Campos, G. y Varela Romero, A. (2016). *Fundulus lima* Vaillant, 1894. Págs. 371-374. En: Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción (Ceballos, G., Díaz-Pardo, E., Martínez-Estévez L. y Espinosa-Pérez, H., eds.). Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Celaya Delgado Sergio Alejandro, Martínez Vázquez Francisco de Jesús, García Gutiérrez Cesar, Yáñez Arenas Carlos Alberto, Nájera Hillman Eduardo, Ruiz Campos Gorgonio y Cuevas Montaña Daniel Albino. (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 cf. 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.
- Collinge, S. K., y Forman, R. T. (2009). Ecology of Fragmented Landscapes. Baltimore, MD, USA. Johns Hopkins University Press, 358.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Ficha informativa de los humedales de Ramsar. Laguna de San Ignacio. (2004).
- Contreras-Balderas, S. (1999). Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. Pp. 31-52. En: *Nonindigenous freshwater organisms: vectors, biology, and impacts*. R. Claudi y J.H. Leach (eds.). Lewis Publishers, Boca Raton.
- Contreras-Balderas, S., y M.A. Escalante-Cavazos. (1984). Distribution and known impacts of exotic fishes in Mexico. Pp. 102-130. En: *Distribution, biology and management of exotic fishes*. W. R. Courtenay, Jr. y J. R. Stauffer, Jr. (eds.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Copp, G. H., Garthwaite, R. y Gozlan, R. E. (2005). Risk identification and assessment of non-native freshwater fishes: a summary of concepts and perspectives on protocols for the UK. *Journal of Applied Ichthyology*. 21 371-373.

- Copp, G.H. (2013). The Fish Invasiveness Screening Kit (FISK) for Non-native Freshwater Fishes – a summary of current applications. *Risk Analysis* 33, 1394–1396.
- Copp, G.H., Vilizzi, L., Mumford, J., Fenwick, G.V., Godard, M.J. & Gozlan, R.E. (2009). Calibration of FISK, an invasive-ness screening tool for non-native freshwater fishes. *Risk Analysis* 29, 457–467.
- Del Rio, I. (2000). Breve Historia de Baja California Sur. Fondo de cultura económica-Colegio Nacional. México, D.F. 242pp.
- Dill, W. A, y A. J. Cordone. (1997). History and status of introduced fishes in California, 1871-1996. *California Department of Fish and Game Fish Bulletin* 178: 1-414.
- Douglas, M. E., P. C. Marsh, y W. L. Minckley. (1994). Indigenous fishes of Western North America and the hypothesis of competitive displacement: *Meda fulgida* (Cyprinidae) as a case study. *Copeia*, 1994(1): 9-19.
- Dulzaides-Iglesias, M. E. y Molina-Gómez, A. M. (2004). Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED v.12 n.2*.
- EEA. (2010). European Environmental Agency. [<http://www.eea.europa.eu>].
- Escofet Giansone, A. (1994). Evaluación del hábitat y de fuentes de disturbio. En: Guadalupe de la Lanza-Espino y Carlos Cáceres-Martínez., Editores, "Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano.". UNAM-UABCS. pp 497-525 p.
- Espinosa Pérez, H., y J. L. Castro-Aguirre. (1996). A new freshwater clingfish (Pisces: Gobiesocidae) from Baja California Sur, México. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 95: 120-126.
- Esselman, P. C., Infante, D. M., Wang, L., Wu, D., Cooper, A. R., & Taylor, W. W. (2011). An Index of Cumulative Disturbance to River Fish Habitats of the Conterminous United States from Landscape Anthropogenic Activities. *Ecological Restoration*, 29(1-2), 133-151.
- Flores-Galván, M. A. (2013). "PROPUESTA DE MANEJO PARA EL PEZ CACHORRITO DEL DESIERTO (*CYPRINODON MACULARIUS* BAIRD &

GIRARD) EN LA LAGUNA DE LA PLANTA GEOTÉRMICA DE CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”. Tesis (Maestría), Universidad Autónoma de Baja California, México.

- Follett, W.I. (1960). The freshwater fishes: their origins and affinities. Symposium on biogeography of Baja California and adjacent seas. Syst. Zool. 9: 212–232.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2005). Cultured Aquatic Species Information Programme *Oreochromis niloticus*. Programa de Información de especies acuáticas. Texto de Rakocy, J. E. En: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [En línea]. Roma. Actualizado 18 de febrero de 2005. [Citado el 4 de abril de 2017]. [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis niloticus/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es) .
- Forman, R. T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3), 133-142.
- Forman, R. T. y Gordon, S. M. (1981). Patches and Structural Components for a Landscape Ecology Author(s). *BioScience*, 31(10), 733-740.
- Forman, R. T. y Gordon, S. M. (1986): *Landscape Ecology*, Wiley, Chichester.
- Fuller, P. L., L. G. Nico y J.D. Williams. (1999). *Nonindigenous fishes introduced into inland waters of the United States*. American Fisheries Society Special Publication 27, Bethesda. 613 pp.
- Grismer L. L. y J. A. Mcguirre. (1993). The oases of central Baja California, Mexico. Part I. A preliminary account of the relict mesophilic herpetofauna and the status of the oases. *Bulletin of Southern California Academy of Sciences* 92:2–24.
- Grismer, L.L. (2002). Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific Islands and the Islands in the Sea of Cortés. University of California Press, Berkeley y Los Ángeles, California. 399 pp.
- Hernández, L., A.M. Maeda-Martínez, G. Ruiz-Campos, G. Rodríguez-Almaraz, F. Alonzo- Rojo, y J.C. Sainz. (2008). Geographic expansion of the

invasive red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Decapoda) in Mexico. *Biological Invasions*, 10(7): 977-984.

- Hubert, W. A.; Pope, K. L. y Dettmers, J. M. (2012). Passive capture techniques. Fisheries techniques, 3rd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 223-265.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, México. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
- Irastorza-Vaca, P. (2006). "INTEGRACIÓN DE LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL. APLICADA A LA COMUNIDAD DE MADRID". Tesis (Doctoral), Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Jackson, L. E., Kurtz, J. C., & Fisher, W. S. (2000). Evaluation Guidelines for Ecological Indicators. Washington D.C. EPA/620/R-99/005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park. 107.
- Jakob, E. M., S. D. Marshall, and G. W. Uetz. (1996). Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos* 77:61– 67.
- Jelks, H. L., S. J. Walsh, N. M. Burkhead, S. Contreras-Balderas-, E. Díaz-Pardo, D. A. Hendrickson, J. Lyons, N. E. Mandrak, F. McCormick, J. S. Nelson, S. P. Platania, B. A. Porter, C. B. Renaud, J. J. Schmitter-Soto, E. B. Taylor, and M. L. Warren, JR. (2008). Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. *Fisheries* 33:372–407.
- Jullian-Montañez, A. G. (2007). "Análisis de viabilidad de aprovechamiento de *Tilapia* cf. *zillii* en los oasis de BCS, como una medida de la conservación de la especie endémica *Fundulus lima*". Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Jullian-Montañez, A.G. (2005). Variabilidad genética de *Tilapia* cf. *zillii* (Teleostei: Cichlidae) en los oasis de Baja California Sur, México. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., México.

- Kim, M., y Lapointe, M. (2011). *Ecology of Freshwater Fish. John Wiley & Sons A/S*, 20, 144-156.
- Kindlmann, P., & Burel, F. (2008). Connectivity measures: a review. *Landscape Ecol*, 23, 879-890.
- Larry L. Lawson, Jr., Jeffrey E. Hill, Scott Hardin, Lorenzo Vilizzi and Gordon H. Copp. (2015). Evaluation of the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK v2) for peninsular Florida. *Management of Biological Invasions* 6(4), 413-422.
- Lawson, L.L., Vilizzi, L., Hill, J.E., Hardin, S. & Copp, G.H. (2012). Revisions of the Fish Invasiveness Scoring Kit (FISK) for its application in warmer climatic zones, with particular reference to peninsular Florida. *Risk Analysis* 33, 1414–1431.
- Leech, S., Wiensczyk, A., y Turner, J. (2009). Ecosystem management: A practitioners' guide. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 10(2), 1-12.
- Leitao, A. B., Miller, J., Ahern, J., y Mcgarigal, K. (2006). The Selected Set of Landscape Metrics. En *Measuring Landscapes: a planner's handbook* (págs. 63-93). Washington D.C.: Island Press.
- Liu, J., & Taylor, W. W. (2005). Integrating landscape ecology into natural resource management (Book review). *South African Journal of Wildlife Research*, 35(1), 103-104.
- López, R., & Becerril, F. (2000). ¿Meta... qué? ¡Metapoblación!. *Ciencia y Mar*, 29-35.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000). *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), 12pp. Primera edición, en inglés, sacada junto con el número 12 de la revista Aliens, diciembre de 2000. Versión traducida y actualizada: noviembre de 2004.

- Luja, V.H., y R. Rodríguez-Estrella. (2010). The invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* in oases of Baja California Sur, Mexico: potential effects in a fragile ecosystem. *Biological Invasions*, 12: 2979–2983.
- Luque, S., Saura, S., y Fortin, M. J. (2012). Landscape connectivity analysis for conservation: insights from combining new methods with ecological and genetic data. *Landscape Ecol* (2012) 27:153–157, 27.
- MacArthur R. H. y Wilson E. O. (1967). The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- Maya, Y., R. y Coria., R. D. (1997). Caracterización de los oasis. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). Los oasis de la Península de Baja California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 5-25.
- Mendoza, R. y P. Koleff. (2014). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México: Offset Rebosán, S.A. de C.V.
- Miller, R. R., W. L. Minckley, y S. M. Norris. (2005). Freshwater fishes of Mexico. The University of Chicago Press, Chicago. 490 pp.
- Moyle, P. B. (2002). Inland fishes of California. University of California Press, Berkeley. 502 pp.
- Moyle, P. B., H. W. Li, y B. A. Barton. (1986). The Frankenstein effect: impact of introduced fishes on native fishes in North America. Págs. 415-426 In Fish culture in fisheries management (R. H. Stroud, ed.). American Fisheries Society, Bethesda.
- Myers, G.S. (1930). The killifish of San Ignacio and the stickleback of San Ramon, lower California. Proc. Calif. Acad. Sci., Ser. 4, 19: 95–104.
- Neel, M. C., McGarigal, K., y Cushman, S. A. (2004). Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology*, 19, 435–455.
- Nielsen, L. (1983). Variation in the catchability of yellow perch in the Otter trawl. *Transactions of the American Fisheries Society*, 53-59.

- Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD). (1998). Core set of indicators for Environmental performance reviews: A synthesis report by the Group on the State of the Environment. OCDE/GD, (93)179, 39.
- Page, L. M., y B. M. Burr. (1991). *A field guide to freshwater fishes: North America/North of Mexico*. Houghton Mifflin Co., Boston. 432 pp.
- Parenti, L.R. (1981). A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform fishes (Teleostei: Atherinomorpha). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 168: 341-557.
- Pheloung, P. C., Williams, P. A. y Halloy, S. R. (1999). A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*. 57 239-251.
- Pimienta-Lastra, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. No probabilísticas. *Política y cultural*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, 13: 263-276.
- Propst, D. L., and K. B. Gido. (2004). Responses of native and nonnative fishes to natural flow regime mimicry in the San Juan River. *Transactions of the American Fisheries Society* 133:922–931.
- Pulido, J. (2009). Modelos para la gestión turística de parques naturales. Una propuesta para España. *Papers de Turisme*, 45: 21- 39.
- Puntilla, R., L. Vilizzi, M. Lehtiniemi, and G.H. Copp. (2013). First application of FISK, the freshwater Fish Invasiveness Screening Kit, in Northern Europe: example of Southern Finland. *Risk Analysis* 33(8):1397-1403.
- Reynoso-Mendoza, F., y E. Barjau-Gonzalez. (1995). Fishes of the continental waters of Baja California Sur, Mexico in the collection of the Natural History Museum of the Universidad Autonoma de Baja California Sur. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 26 (resumen): 1.
- Rodríguez-Estrella, M. Cariño, C. Aceves. (ed.). (2004). Problemática Ambiental. En: *Los oasis de Baja California Sur: importancia y conservación*. CIBNOR, UABCS, SEMARNAT, La Paz, México. Pp. 118-120.

- Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio y E. Pineda. (1997). Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residenciales e invernales. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). Los oasis de la Península de Baja California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 157-195.
- Ruiz-Campos, A.F. Gonzalez-Acosta, y J. De La Cruz-Aguero. (2006c). Length-weight and length-length relationships for some continental fishes of northwestern Baja California, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 314-315.
- Ruiz-Campos, G. (2000). Threatened fishes of the world: *Fundulus lima* Vaillant, 1894 (Fundulidae). *Environmental Biology of Fishes* 59: 20.
- Ruiz-Campos, G. (2012). Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México. 169 pp.
- Ruiz-Campos, G., A. Andreu-Soler, M. R. Vidal-Abarca Gutiérrez, J. Delgadillo-Rodríguez, M. L. Suárez-Alonso, C. González-Abraham, y V. H. Luján. (2014a). Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, SEMARNAT, México, D. F. 195 pp.
- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, A. F. Gonzales-Acosta, A. M. Maeda-Martínez, F. J. García de León, A. Varela-Romero & A. Andreu-Soler. (2014b). Current conservation status of six freshwater fish species from the Baja California Peninsula, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1235-1248.
- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, C.A. Reyes-Valdes, E. Torres-Balcazar, y M.E. Valles-Ríos. (2006b). Length-weight relationship, condition factor and level of parasitism of the Baja California killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae). Págs. 62-71. En: *Studies of North American Desert Fishes in Honor of E.P.(Phil)Pister, Conservationist* (A.J. Contreras-Balderas & M.L.
- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas, C.A. Reyes-Valdez, J. De La Cruz-Aguero & E. Torres-Balcázar. (2006a).

Distribution and abundance of the endangered killifish, *Fundulus lima*, and its interaction with exotic fishes in oases of Central Baja California, México. *Southwest. Nat.* 51: 502-509.

- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas, G. Bernardi y J. De La Cruz Agüero. (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 final, Proyecto SEMARNAT-CONACYT-2002-COI-173, México. 35 pp.
- Ruiz-Campos, G., J. L. Castro-Aguirre, S. Contreras-Balderas, M. L. Lozano-Vilano, A. F. González-Acosta & S. Sánchez Gonzales. (2003). An annotated distributional checklist of the freshwater fishes from Baja California Sur, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:143–155.
- Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas S., M. L. Lozano-Vilano, S. Gonzalez-Guzman, y J. Alaniz-Garcia. (2000). Ecological and distributional status of the continental fishes of northwestern Baja California, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 99: 59-90.
- Ruiz-Campos, G., y S. Contreras-Balderas. (1987). Ecological and zoogeographical check-list of the continental fishes of the Baja California Peninsula. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 17: 105-117.
- Schoenherr, A.A. (1988). A review of the life history and status of the desert pupfish, *Cyprinodon macularius*. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 87: 104-134.
- Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). 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. Segunda sección. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial 30 diciembre de 2010, México, Distrito Federal, México.

- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2003). Huracán “Marty” del Océano Pacífico. (fecha de consulta: 15 de noviembre de 2016). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Disponible en <http://smn1.conagua.gob.mx/ciclones/tempo2003/pacifico/marty/marty.html>.
- Simonivić, P., A. Tošić, M. Vassilev, A. Apostolou, D. Mrdak, M. Ristovska, V. Kostov, V. Nikolić, D. Skraba, L. Vilizzi, and G.H. Copp. (2013). Risk identification of non-native freshwater fishes in four countries of the Balkans Region using FISK. *Mediterranean Marine Science* 14(2):369-376.
- Smeets, E. y Weterings, R. (1999). Environmental Indicators: Typology and Overview. Technical report, núm. 25, European Environment Agency (EEA), Copenhagen.
- Soares, Denise, Castoreña, Lorela, & Ruiz, Elena. (2005). Mujeres y hombres que aran en el mar y en el desierto: Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, B.C.S.. *Frontera norte*, 17(34), 67-102.
- Sorensen, J., McCreary, S. & Brandani, A. (1992). Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes y Recursos Costeros. En *Costas*. Rhode Island: Coastal Resources Center.
- Svarstad, H., Petersen, L.K. Rothman, D. Siepel & H. Wätzold, F. (2008). Discursive biases of the environmental research framework DPSIR, *Land Use Policy* 25: 116-125.
- Tarkan, A.S., F.G. Ekmekci, L. Vilizzi, and G.H. Copp. (2013). Risk screening of non-native freshwater fishes at the frontier between Asia and Europe: first application in Turkey of the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK). *Journal of Applied Ichthyology* 1:1-7.
- Trautman, M.B. (1981). *The fishes of Ohio*. Ohio State University Press, Columbus. 782 pp.
- Truxal, F.S. (1996). The status and distribution of the Notonectidae (Heteroptera: Hemiptera) of the Baja California Peninsula, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 95: 59-82.

- Turskis, Z., Kazimieras, E. & Peldschus, F. (2009). Multi-criteria Optimization System for Decision Making in Construction Design and Management. *Engineering Economics*, 1(61), 7- 17.
- Vaillant, L. (1894). Sur une collection de poissons recueillie en Basse-Californie et dans le Golfe par M. León Diguët. Bull. Soc. Philomath., Paris, Serie 3, 6: 69–75.
- Varela, R. A., Ruiz, C. G., Yépez, V. L. y Alanís, G. (1999). Evaluación de la situación actual de la poblaciones del pez cachorrito del desierto (*Cyprinodon macularis macularis*) en la Cuenca del Bajo Río Colorado, Sonora-Baja California, México. Universidad de Sonora Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H126. México D. F.
- Varela-Romero, A., G. Ruiz-Campos, L.M. Yepiz-Velazquez, y J. Alaniz-Garcia. (2003). Distribution, habitat, and conservation status of desert pupfish (*Cyprinodon macularius*) in the Lower Colorado River basin, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 157-165.
- Velázquez-Miranda, M., Ruiz-Campos, G., Fermán-Aldama, J. L., Delgadillo-Rodríguez, J. y Leyva-Aguilera, C. (2011). Índice de calidad ambiental aplicado en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México. *Investigación ambiental Ciencias y política pública*, 3(1), 30-38.
- Vila, J. S., Varga, D. L., Llausas, A. P. y Ribas, A. P. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anál. Geogr.*, 48, 151-166.
- Vilizzi, L. y Copp, G. H. (2012). Application of FISK, and Invasiveness Screening Tool for Non-Native Freshwater Fishes, in the Murray-Darling Basin (Southeastern Australia). *Risk Analysis* 33, 1432-1440.
- Wurster, T.E., R.A. Erickson, R.A. Hamilton, y S.N.G. Howell. (2001). Appendix A. Database of selected observations: an argument to new information on migrant birds in northern and central portions of the Baja California peninsula. In: Erickson, R.A. y S.N.G. Howell (eds.). *Birds of the Baja California Peninsula: status distribution, and taxonomy*. Monographs in Field Ornithology No. 3. 204-237 pp.

10. ANEXOS

ANEXO I. Aspectos ecológicos

I.1 (Breve descripción de especies ícticas exóticas registradas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio)

Familia Cyprinidae

Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758)



Figura 1. *Cyprinus carpio*. Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos, 2017.

Nombre común

Carpa de Israel/*Common carp*.

Distribución general

Es nativa de Eurasia (Page y Burr, 1991).

Registros locales previos

Ninguno.

Registros locales recientes

Rio San Ignacio en Ojo de Agua, Contreras-Balderas, 1999), Poza Larga, puente Rio San Ignacio, Los Corralitos y San Sabas (Fig. 2) (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a).

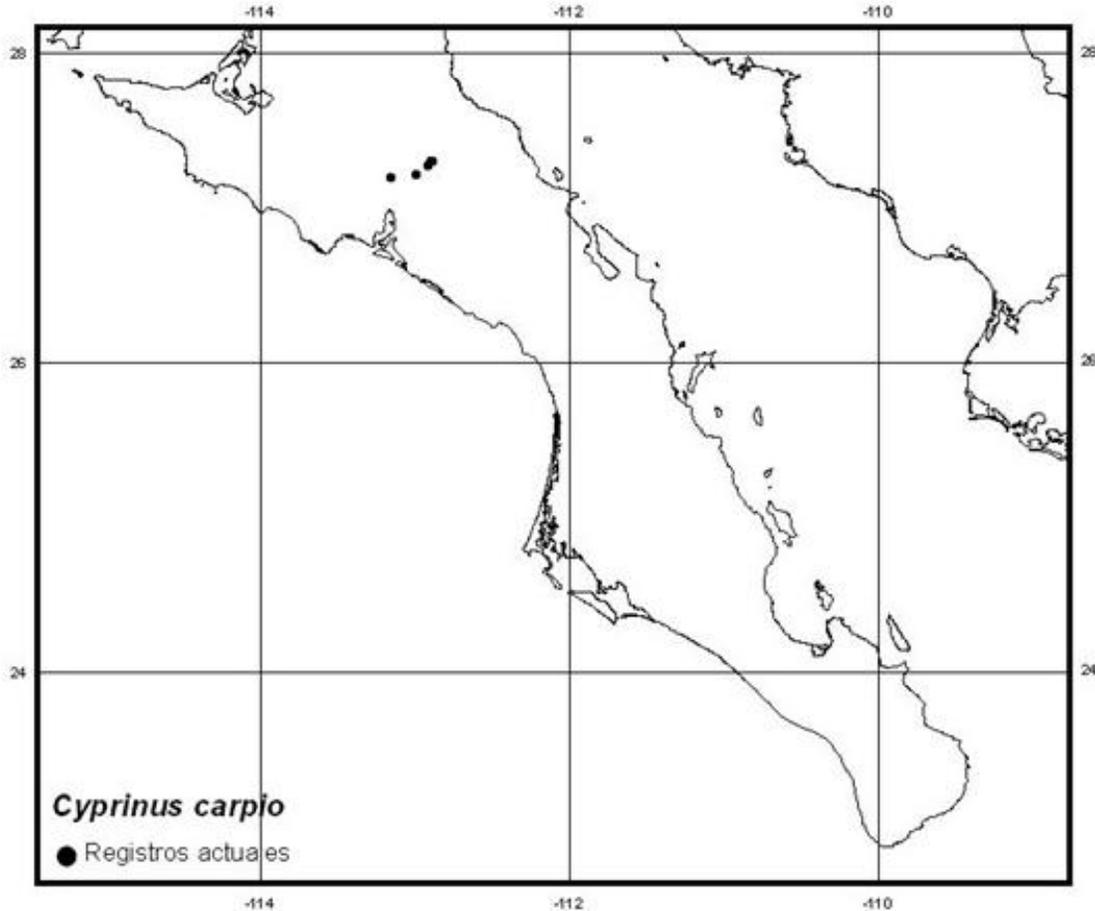


Figura 2. Sitios donde se han capturado especímenes de *Cyprinus carpio* en Baja California Sur.

Descripción

Posee una aleta dorsal con un radio espiniforme aserrado y más de 16 radios suaves; aleta anal con un radio espiniforme aserrado y 5 a 6 radios suaves; mandíbula superior con dos barbillas a cada lado; dientes ausentes en boca, pero presentes en arcos faríngeos; línea lateral con 32 a 38 escamas, a excepción de las formas parcialmente con escamas ("carpa espejo"); primer arco branquial con 21 a 27 branquiespinas; boca casi horizontal; coloración dorsal dorado oliváceo,

vientre blanco amarillento y lados inferiores mas amarillentos (Trautman, 1981; Ruiz-Campos, 2012). Longitud total máxima 1220 mm (Fig. 1) (Fuller *et al.*, 1999).

Notas ecológicas

Se encuentra a lo largo del Rio San Ignacio, desde el manantial hasta la localidad de San Sabas, una de las últimas pozas permanentes antes de llegar a los salitrales de la laguna costera de San Ignacio. En San Sabas, en marzo de 2004, un macho sexualmente activo fue capturado. Por otro lado, en la localidad de Poza Larga, se registraron valores de captura con red agallera experimental de 0.23 a 0.51 individuos por hora. En este mismo río, actualmente coexiste con el pez endémico *Fundulus lima* y los exóticos *Xiphophorus hellerii*, *Poecilia reticulata* y *Tilapia cf. zillii* (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a). La relación peso-longitud patrón de 28 ejemplares examinados de la cuenca del Rio San Ignacio fue $W = 0.000001172 \cdot LP^{3.571}$, $r^2 = 0.992$. La salinidad donde concurre este pez es desde valores menores a 0.1 a 3.1 ‰, y pH de 7.02 a 10.34 (Ruiz-Campos, 2012).

Comentarios

Esta especie fue introducida en el oasis de San Ignacio en 1973, para promover la piscicultura rural (Ruiz-Campos *et al.*, 2003), sin embargo, dicha especie no es consumida por los lugareños debido a la baja calidad de su carne, y a la facilidad de obtención de pescado fresco de la laguna costera de San Ignacio. Por otro lado, los “paisitas”, denominados así por pobladores de San Ignacio, consumen esta especie, abriendo una oportunidad de aprovechamiento de dicha especie. Un ejemplar de 3.5 kg de peso se capturó en las inmediaciones del manantial el 26 de Octubre de 2002 (Ruiz-Campos, 2012). Dos morfos de esta especie son observados en las aguas continentales de la península, predominando la forma espejo en el Rio San Ignacio y la forma criolla en la región del Bajo Rio Colorado (Ruiz-Campos, 2012).

Referencias adicionales

Contreras-Balderas y Escalante- Cavazos (1984) [registros de introducción en México].

Familia Poeciliidae

***Gambusia affinis* (Baird y Girard, 1853)**



Figura 3. *Gambusia affinis*. Fotografía por Faustino Camarena Rosales, 2017.

Nombre común

Pez mosquito/ *Mosquitofish*.

Distribución general

Originaria de la cuenca del Rio Mississippi desde Indiana e Illinois central, E.U.A. hacia el sur a través de la vertiente del Golfo de México hasta el norte de Veracruz, México (Alvarez del Villar, 1970; Page y Burr, 1991; Miller *et al.*, 2005).

Registros locales previos

Arroyo en Santiago y Arroyo San José del Cabo (Follett, 1960); Ojo de Agua de La Rosita (Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, 1987), Ojo de Agua de San Bartolo y Presa Juárez ca. Todos Santos (Contreras-Balderas y Escalante-Cavazos, 1984).

Registros locales recientes

Arroyo La Tinaja ca. Miraflores y Arroyo Boca de la Sierra en la base del Cañón San Bernardino al noroeste de Miraflores (Ruiz-Campos, 2012); Manantial de San Ignacio (Fig. 4) (Meza-Matty, 2017).

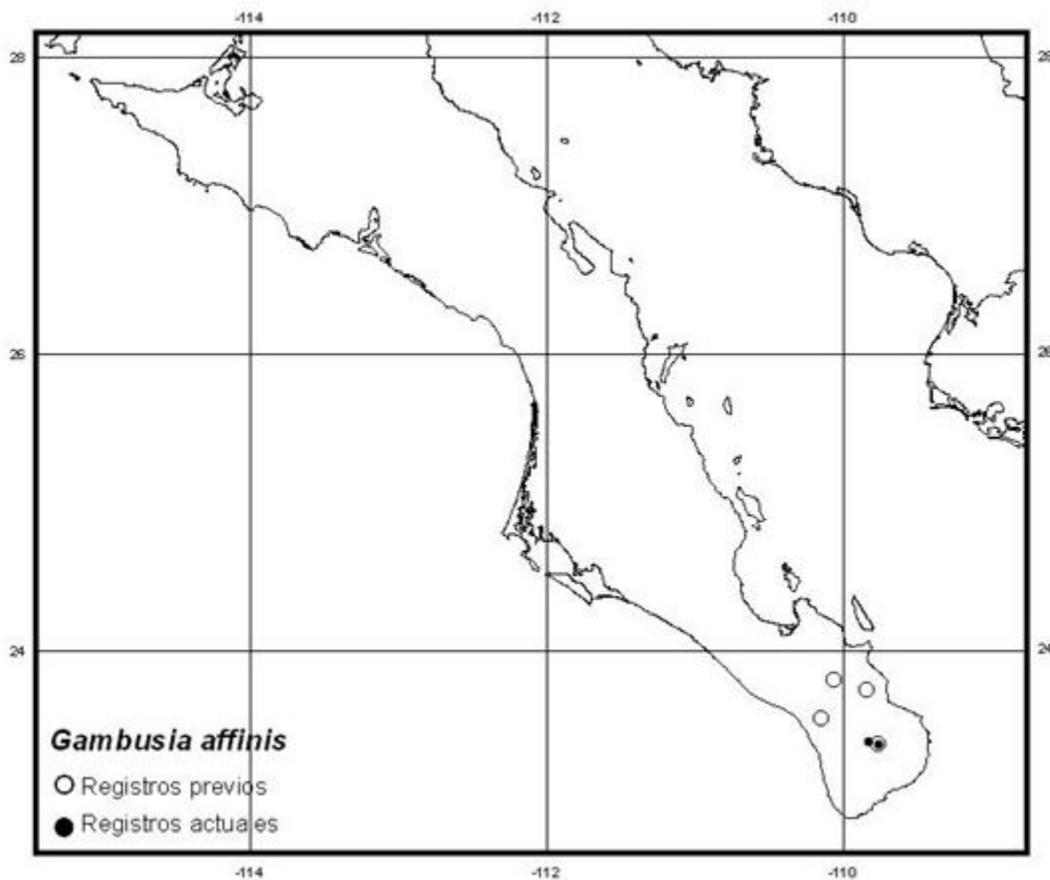


Figura 4. Sitios donde se han capturado especímenes de *Gambusia affinis* en Baja California Sur.

Descripción

Posee un cuerpo pardo oliváceo brillante con un borde de escamas oscuras; algunos especímenes poseen una barra de melanóforos cerca del ojo, como también otra de posición transversal en la parte basal de los radios caudales; tiene de 27 a 30 escamas en serie lateral; aleta dorsal con 6 a 8 radios; aleta anal de los machos transformada en un gonopodio; aleta anal de la hembra con 8 a 10 radios; macho de menor tamaño (hasta 35 mm longitud total [LT]) y menos abundante que la hembra (60 mm LT) (Fig. 3) (Moyle, 2002).

Notas ecológicas

Tiene preferencia por los biotopos lenticos y someros con abundante vegetación sumergida o emergente, de fondo areno- limoso. Éste pecílido vivíparo exótico se encontró en valores de salinidad de 0.3 a 0.5‰, pH entre 8.4 y 8.6, temperatura (27 a 28 °C), oxígeno disuelto (10.4 mg/l), TDS (0.32 a 0.61 g/l) y conductividad (0.52 a 0.95 mS/cm) (Ruiz-Campos, 2012).

Comentarios

Se encuentra catalogada hoy en día dentro de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Se encuentran actualmente dos núcleos de distribución de este pez en la península, uno en el noroeste de Baja California (Ruiz-Campos *et al.*, 2000) y el otro en la región del Cabo, al sur de La Paz (Ruiz-Campos *et al.*, 2003). Sin embargo, durante el muestreo de marzo de 2017, realizado por Meza-Matty, 2017, se capturó un individuo en la localidad “Manantial”, representando con ello, una posible colonización de esta especie en esta zona y aledañas en un futuro.

Referencias adicionales

Follett (1960) [registros en Baja California], Ruiz-Campos *et al.* (2006c) [relación peso-longitud y longitud patrón-longitud total para individuos del noroeste de Baja California].

***Poecilia reticulata* (Peters, 1859)**



Figura 5. *Poecilia reticulata*. Fotografía obtenida en Ruiz-Campos, 2012.

Nombre común

Gupi/ *Guppy*.

Distribución general

El ámbito de distribución nativo de este pecílido vivíparo son las Indias Occidentales (Antillas) y norte de Suramérica, desde el oeste de Venezuela a Guyana (Page y Burr, 1991; Fuller *et al.*, 1999).

Registros locales previos

Se ha registrado en la Presa Juárez en Todos Santos (Contreras-Balderas y Escalante-Cavazos, 1984).

Registros locales recientes

Río San José del Cabo; Arroyo Las Pocitas (Espinosa Pérez y Castro-Aguirre, 1996) y Rancho El Caracol; Arroyo San Pedro en San Basilio, Pozo del Iritú [Encinas], Rancho Merecuaco, Rancho Los Arados, Rancho Tres Pozas (Ruiz-Campos, 2012), y San Pedro de La Presa; Arroyo El Caporal en Rancho El

Caporal; Arroyo Bebelamas [cuenca Bramonas] en Poza Honda [Rancho San Lucas], Rancho El Frijolito y San Antonio de la Montaña; Arroyo San Luis [represo] en Misión de San Luis Gonzaga, Presa Higuajil y Rancho Las Cuedas; Arroyo La Zorra ca. Rancho Viejo; Arroyo San Javier [represo] en Misión de San [Francisco] San Javier y El Carrizal (Ruiz-Campos, 2012); Arroyo Comondú en San Miguel de Comondú y San José de Comondú; Arroyo La Purísima en San Isidro, La Purísima [represo y vado], frente a Cerro El Pílon, Carambucho [Cuba], presa Carambucho, puente Carambucho, y Ojo de Agua); La Purísima Vieja en Paso Hondo; Rio Mulege [represo]; Arroyo Boca de Magdalena en San José de Magdalena; Arroyo San Joaquín en San Joaquín, El Sauzal y San Zacarías; Oasis San Ignacio en manantial, El Tizón, Lake Side, frente al Hotel Rice and Beans, Poza Larga, Laguna Roberts, San Sabas; y Arroyo San Gregorio en Sierra San Francisco (Fig. 6) (Ruiz-Campos, 2012).

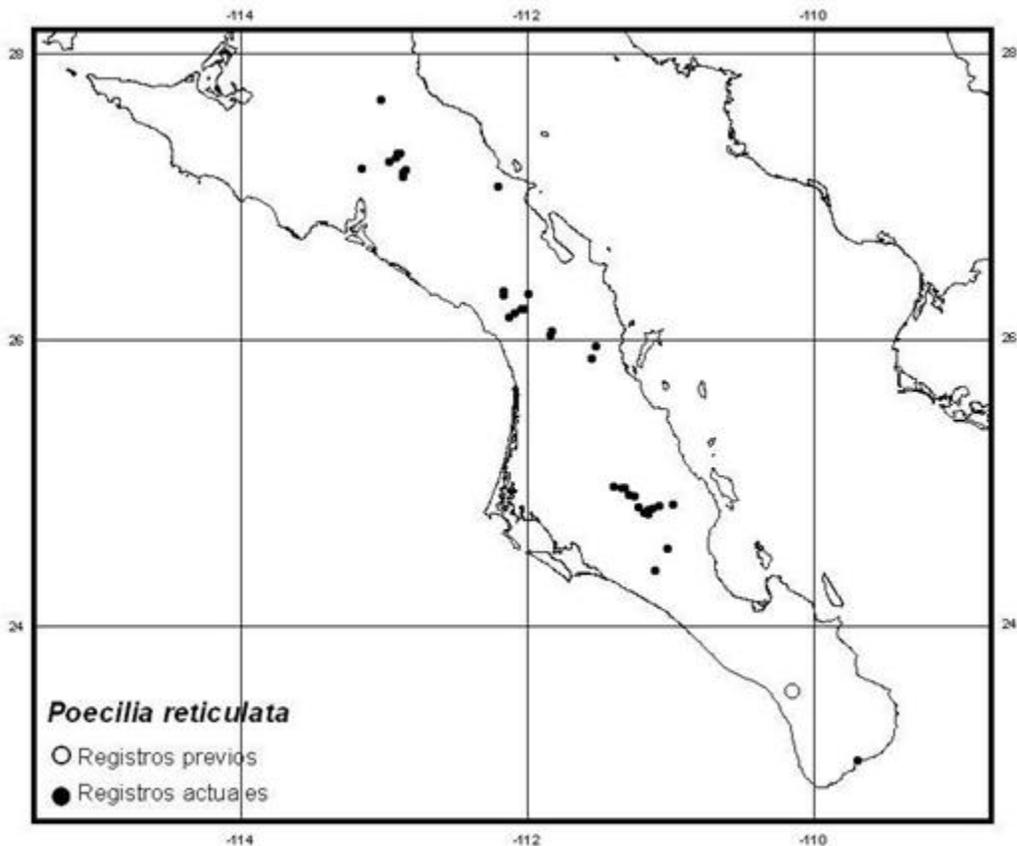


Figura 6. Sitios donde se han capturado especímenes de *Poecilia reticulata* en Baja California Sur.

Descripción

Son peces pequeños y con dimorfismo sexual secundario muy marcado; ambas ramas del cuarto radio de la aleta anal masculina (segunda del gonopodio), aserrada; preopérculo membranoso muy desarrollado; aleta dorsal con 7 a 8 radios; anal con 8 a 9 radios; y de 26 a 28 escamas en serie lateral del cuerpo (Alvarez del Villar, 1970). Longitud máxima machos (25 mm) y hembras (51 mm) (Fig. 5) (Fuller *et al.*, 1999).

Notas ecológicas

Su preferencia de hábitat son partes someras de los cuerpos de agua en diferentes tipos de sustratos, desde limo-arenoso hasta manto rocoso o tepetate. Su distribución fisicoquímica es muy amplia desde salinidades extremadamente bajas (<0.1 ‰) en sitios de manantiales hasta de 8.2 ‰ en la localidad de Las Pocitas del Vado (poza grande), pH igualmente variable de 6.6 a 10.3, conductividad de 0.11 a 13.7 mS/cm, y temperatura de 15 a 34°C. Es sintópico con el nativo *Fundulus lima* en casi todas las localidades donde se distribuye esta última especie. La relación peso-longitud patrón de hembras se explica cómo $W = 0.00003668 * LP^{2.876}$ ($n=105$, $r^2 = 0.876$) y aquella de machos como $W = 0.00002598 * LP^{2.921}$ ($n=30$, $r^2 = 0.911$). La abundancia del pez gupi estuvo positivamente correlacionada con aquella de *Xiphophorus hellerii* en la cuenca del Rio San Ignacio durante el periodo de octubre 2002 a julio 2004 (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a). La presencia extendida del gupi en los cuerpos de agua de Baja California Sur se ha fomentado por los mismos lugareños que han trasladado individuos de una cuenca a la otra, asimismo por vía de dispersión durante los periodos de fuertes crecientes provocadas en temporadas de lluvias (Ruiz-Campos, 2012).

Comentarios

Es considerada la especie exótica con mayor amplitud difundida en los cuerpos de agua dulce de la península, desde el Arroyo Catavina, B.C. hasta el Arroyo San José del Cabo, BCS (Ruiz-Campos, 2012).

Desde la primera detección en el extremo sur de la península (1977), su dispersión hacia otros cuerpos de agua continentales ha sido rápida y favorecida por la introducción vía antropogénica. Localidades tan remotas como aquellas en la Sierra de San Francisco (Rancho San Gregorio) no se han escapado de la introducción de este pez (Ruiz-Campos, 2012).

Referencias adicionales

Alaniz-García (1995) [presencia en oasis de San Ignacio], Ruiz-Campos *et al.* (2003) [registros de distribución en Baja California Sur].

***Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1848)**



Figura 7. *Xiphophorus hellerii*. Fotografía tomada en Ruiz-Campos, 2012.

Nombre común

Cola de espada/ *Green swordtail*.

Distribución general

Nativo desde el Rio Nantla, Veracruz (México) a noroeste de Honduras (Page y Burr, 1991).

Registros locales previos

Ninguno.

Registros locales recientes

Arroyo San Pedro en San Basilio y San Pedro de la Presa; Arroyo San Ignacio en manantial, El Tizón, Lake Side, puente San Ignacio, Poza Larga, Rice and Beans, Paso Los Pinos entre Los Corralitos y San Sabas, San Sabas; y Arroyo San Joaquín en El Sauzal (Fig. 8) (Ruiz-Campos, 2012).

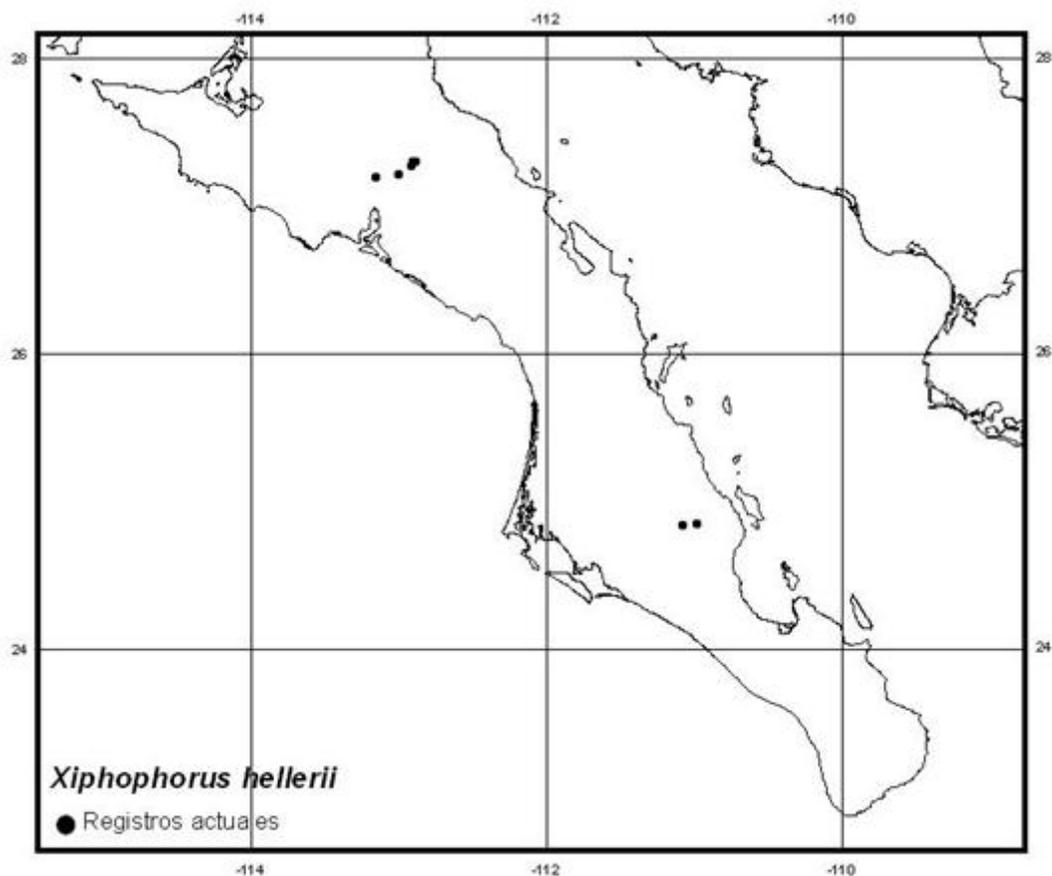


Figura 8. Sitios donde se han capturado especímenes de *Xiphophorus hellerii* en Baja California Sur.

Descripción

Los machos adultos poseen radios inferiores en la aleta caudal alargados en forma de una espada con filos negros; gancho apical del quinto radio constantemente mayor que la sierra distal de la rama posterior del cuarto radio; porción terminal de la rama anterior del cuarto radio de la anal masculina, robusta; ambos sexos poseen una banda oscura y 1 a 6 rasgos rojos en los costados; usualmente de 26-27 escamas en serie lateral del cuerpo; 12 a 14 radios dorsales; una hilera de dientes en la mandíbula; dorso verde, escamas con los bordes negros en el dorso y los flancos del cuerpo (Alvarez del Villar, 1970; Page y Burr, 1991). Longitud total de los machos hasta 140 mm (excluyendo la espada), y hembras hasta 160 mm (Fig. 7) (Fuller *et al.*, 1999).

Notas ecológicas

Esta especie exótica es sintópica con el pez nativo *Fundulus lima* a lo largo del Río San Ignacio (excepto en la localidad de Los Corralitos) y en el Río San Pedro de La Presa. Su dieta esta compuesta principalmente de plantas vasculares, algas filamentosas y diatomeas (Alaniz-Garcia, 1995). Aunque muestra una dieta muy similar a *Fundulus lima*, sus características ecomorfológicas indican un uso diferencial de presas en el ambiente, preferentemente en la superficie del agua (Alaniz *et al.*, 2004). La relación peso-longitud patrón respectiva de machos y hembras es $W = 0.00001465 * LP^{3.068}$ ($n=35$, $r^2 = 0.781$) y $W = 0.00002059 * LP^{3.048}$ ($n = 49$, $r^2 = 0.987$). La abundancia de *X. hellerii* ha sido bastante diezmada en la localidad del manantial del oasis San Ignacio debido a la presencia del cíclido exótico *Tilapia cf. zillii*. Las abundancias del espadita y del gupi (*Poecilia reticulata*) estuvieron positivamente correlacionadas en este mismo río durante el periodo de octubre 2002 a julio 2004 (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a).

Comentarios

Previo a la introducción de la tilapia en el Río San Ignacio en 1996, era el principal competidor del pez endémico *Fundulus lima* en el hábitat de manantial (Alaniz-Garcia *et al.*, 2004).

Referencias adicionales

Miller *et al.* (2005) [registros de distribución en Baja California Sur].

Familia Cichlidae

***Tilapia cf. zillii* (Gervais, 1848)**



Figura 9. *Tilapia cf. zillii*. Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos, 2017.

Nombre común

Tilapia panza roja/ *Redbelly tilapia*.

Distribución general

El ámbito nativo de éste pecílido se encuentra en África tropical y subtropical, cerca del Este. En el oeste de África a través de la cuenca Chad hasta el Rio Nilo, Lago Albert, y Lago Turkanaen dentro de Israel y Valle de Jordan en el Medio Oeste (Fuller *et al.*, 1999; Moyle, 2002).

Registros locales previos

Ninguno.

Registros locales recientes

Arroyo La Soledad en El Quelele, Arroyo San Pedro en San Pedro de La Presa, San Basilio, Pozo del Iritu, Rancho Merecuaco, Rancho Los Arados y Rancho Tres Pozas; Arroyo San Luis en Misión de San Luis Gonzaga y Rancho Las Cuedas;

Arroyo Bebelamas [cuena Bramonas] en Rancho San Antonio de la Montana o Poza de La Caguama, Poza Honda [Rancho San Lucas y Rancho El Frijolito; presa Higuajil; Arroyo San Javier en Misión de San [Francisco] Javier; Arroyo Comondú en San Miguel de Comondú; Arroyo La Purísima Vieja en Paso Hondo y La Purísima Vieja; Arroyo La Purísima en San Isidro, frente a Cerro El Pilón, puente de Carambucho, La Purísima [entre represo y vado], Carambucho [= Cuba], Presa Carambucho; Arroyo San Martin en Rancho La Vinorama [Sierra de Guadalupe]; Arroyo Boca de Magdalena en San Jose de Magdalena (9 Julio 1999, (Ruiz-Campos, 2012); Arroyo Cadeje en Cadeje (Reynoso-Mendoza y Barjau-Gonzalez, 1995); y Oasis San Ignacio en el manantial, Rancho El Tizón, Lake Side, puente San Ignacio, frente al Hotel Rice and Beans, Poza Larga, Rancho Los Estribos, Lagunita de Roberts, Rancho Los Corralitos y Rancho San Sabas (Fig. 10) (Ruiz-Campos, 2012).

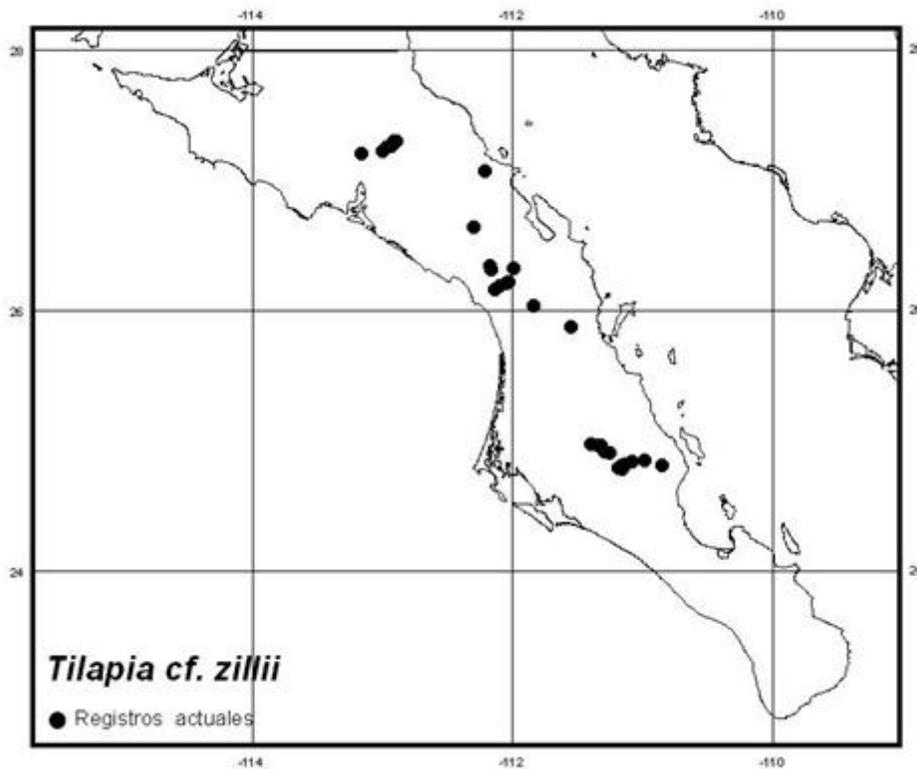


Figura 10. Sitios donde se han capturado especímenes de *Tilapia cf. zillii* en Baja California Sur.

Descripción

Los adultos tienen una boca horizontal y poseen una cabeza más ancha que el resto del cuerpo; aleta dorsal con 14-16 espinas y 10-13 radios; muchos de los últimos considerablemente más largos que las espinas; aleta anal 3-4 espinas y 7-10 radios; 28 a 30 escamas en serie lateral del cuerpo; 8-12 branquiespinas muy cortas en el primer arco branquial; su cola es redondeada; la coloración no reproductiva es verde olivo en el dorso y olivo claro o amarillopardo en los flancos; los flancos tienen de 6 a 7 barras verticales poco definidas (Ruiz-Campos, 2012); la aleta dorsal (principalmente notable en juveniles y subadultos) con una mancha oscura en la base de los radios suaves; el opérculo tiene una distintiva mancha oscura (Moyle, 2002). Longitud total máxima puede superar los 350 mm (Fig. 9) (Moyle, 2002).

Notas ecológicas

Una especie bastante plástica en relación a los diferentes hábitats que ocupa, tanto en la zona litoral como la limnética. Los juveniles por lo general permanecen en la zona litoral y los adultos en las pozas profundas de la zona limnética. Los nidos detectados con facilidad en forma de hondonadas en el fondo arenoso de las pozas someras. Los ejemplares de mayor tamaño de esta especie (hasta de 370 mm de longitud total y 940 g de peso) fueron capturados en la parte alta del Río La Purísima (Ojo de Agua), el 30 de enero de 2004. La relación peso-longitud calculada para 344 especímenes fue: $W = 0.00002476 * LP^{3.099}$ ($r^2 = 0.994$). La abundancia de la tilapia mostró una correlación inversa con aquella del pez endémico *Fundulus lima* en la cuenca del Río San Ignacio, durante el periodo de 2002-2004. Su rápida dispersión en ésta y otras cuencas ha sido fomentada por las crecidas de los arroyos durante la temporada de lluvias, especialmente provocadas por huracanes. Los ámbitos fisicoquímicos donde la especie fue registrada son: salinidad de 0.1 a 4.3 ‰, pH de 7 a 10, conductividad de 0.10 a 5.0 mS/cm, temperatura de 15 a 34°C, y oxígeno disuelto de 4 a 17 mg/l (Ruiz-Campos, 2012).

Comentarios

Este cíclido de origen etiópico es una de las especies más invasivas en los cuerpos de agua continentales de Baja California Sur (Ruiz-Campos, 2000; Ruiz-Campos *et al.*, 2003) y del Bajo Rio Colorado de México (Varela-Romero *et al.*, 2003) y los EE.UU. (Dill y Cordone, 1997).

En el Bajo Rio Colorado es el mayor responsable del declive de las poblaciones del pez cachorrito del desierto *Cyprinodon macularius* (Schoenherr, 1988), mientras que en los oasis sudcalifornianos del declive, y en algunos casos, de la extirpación, del pez endémico *Fundulus lima* en las localidades de San Javier, Las Cuedas, Misión de San Luis Gonzaga y San Pedro de La Presa (Ruiz-Campos *et al.*, 2008; Ruiz-Campos, 2012). La introducción en el oasis San Ignacio fue efectuada por un lugareño en 1995, sin saber las consecuencias ecológicas que conllevaría consigo unos años mas tarde. Previo a la introducción de tilapia, *Fundulus lima* era la especie dominante en el hábitat de manantial (75-95%), pero a los pocos años de la introducción (20 años) se revirtió esta dominancia a favor de la tilapia (97-99%) (Ruiz-Campos *et al.* 2006a).

Referencias adicionales

Contreras-Balderas y Escalante-Cavazos (1984) [registros de introducción en México], Contreras-Balderas (1999) [recientes registros en México]; Jullian-Montañez (2005) [variabilidad genética de *Tilapia* cf. *zillii* en Baja California Sur].

I.2 (Abundancia histórica (2002-2017) de *Fundulus lima* en las localidades estudiadas.

Tabla 1. Abundancia de individuos de *Fundulus lima* por localidad durante el periodo octubre de 2002 a marzo de 2017, en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México.

* = No hubo muestreo.

Unidad	Oct. 2002	Feb. 2003	Sep. 2003	Feb. 2004	Mar. 2004	Jul. 2004	Jul. 2007	Agos. 2012	Dic. 2012	Oct. 2014	Ene. 2016	Feb. 2016	Mar. 2017	Total
"El Tizón"	*	2	*	*	*	*	*	157	*	*	*	*	*	159
"Manantial"	*	*	*	0	0	*	0	87	1	7	2	0	0	97
"Poza Larga"	68	41	473	*	55	460	1	*	*	*	*	0	0	1098
"Los Corralitos"	213	177	268	*	27	90	13	*	*	*	*	*	6	794
"Los Pinos"	*	*	*	*	62	*	22	*	*	*	*	*	1	85
"San Sabas"	*	100	820	*	231	539	*	*	*	*	*	*	0	1690

I.3 (Tipo y proporción de área por hábitat en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio)

Tipos de unidades de hábitat identificados: a) “Somero con sustrato rocoso y junco (*Scirpus californicus*)”, b) “Laguna somera con sustrato rocoso y la macrófita *Chara* sp.”, c) “Somero con sustrato arenoso sin vegetación”, d) “Somero con sustrato rocoso sin vegetación”, e) “Profundo con sustrato arenoso sin vegetación”, f) “Cuerpo de agua con corriente y sustrato rocoso sin vegetación”, g) “Profundo con sustrato rocoso sin vegetación”, h) “Pocitas”, i) “Profundo con sustrato rocoso y alga filamentosa flotante *Enteromorpha* sp.”, j) “Somero con sustrato arenoso y vegetación emergente de carrizo (*Phragmites communis*)”, k) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)”, l) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y carrizo (*Phragmites communis*)”, m) “Profundo con sustrato arenoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*)” y n) “Profundo con sustrato rocoso y palma nativa (*Washingtonia robusta*) y/o palma exótica (*Phoenix dactylifera*) y carrizo (*Phragmites communis*)”

Tabla 2. Área por tipo de unidad de hábitat y proporción de área por unidad de hábitat de las localidades Manantial y El Tizón en la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur.

Tipo de unidad de hábitat	Área (m²)	% de área
c	740	0.88
d	1345	1.59
e	65819	77.87
j	9261	10.96
k	88	0.10
l	1180	1.40
m	6093	7.21

Tabla 3. Área por tipo de unidad de hábitat y proporción de área por unidad de hábitat de la localidad Poza Larga en la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur.

Tipo de unidad de hábitat	Área (m²)	% de área
c	357	0.67
d	5572	10.46
g	27189	51.05
h	7745	14.54
k	11546	21.68
m	848	1.59

Tabla 4. Área por tipo de unidad de hábitat y proporción de área por unidad de hábitat de la localidad Los Corralitos en la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur.

Tipo de unidad de hábitat	Área (m²)	% de área
a	6247	19.54
b	2052	6.42
c	5909	18.48
d	665	2.08
e	9128	28.55
h	71	0.22
i	1523	4.76
k	620	1.94
l	4885	15.28
m	870	2.72

Tabla 5. Área por tipo de unidad de hábitat y proporción de área por unidad de hábitat de la localidad Los Pinos en la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur.

Tipo de unidad de hábitat	Área (m²)	% de área
c	960	7.71
e	2102	16.89
f	4139	33.26
h	1908	15.33
j	95	0.76
k	946	7.60
l	1098	8.82
n	1196	9.61

Tabla 6. Área por tipo de unidad de hábitat y proporción de área por unidad de hábitat de la localidad San Sabas en la cuenca del Río San Ignacio, San Ignacio, Baja California Sur.

Tipo de unidad de hábitat	Área (m²)	% de área
d	3160	10.65
f	4455	15.02
g	14910	50.26
h	1943	6.55
k	1163	3.92
n	4036	13.60

Tabla 7. Área por tipo de unidad de hábitat y proporción de área por unidad de hábitat en todas las localidades estudiadas de la cuenca del Río San Ignacio, Mulegé, Baja California Sur.

Tipo de unidad de hábitat	Área (m²)	% de área
a	6247	2.95
b	2052	0.97
c	7966	3.76
d	10742	5.07
e	77049	36.37
f	8594	4.06
g	42099	19.87
h	11667	5.51
i	1523	0.72
j	9356	4.42
k	14363	6.78
l	7163	3.38
m	7811	3.69
n	5232	2.47

I.4 (Breve descripción de las localidades estudiadas)

1. Manantial (M)

Coordenadas geográficas: 27°17'48.3"N, 112°52'55.1"W

Altitud: 128 m.

Tipo de humedal: oasis permanente con pocas fluctuaciones en el nivel de inundación.

Fondo: canto rodado.

Características físico-químicas del agua: oxígeno disuelto, 3.2-12.82 mg/l; pH, 7.36-9.59; conductividad, 0.128-1.39 mS/cm; salinidad, 0.1-0.7 ppt; TDS, 0.082-0.89 g/l; y temperatura, 19.15-30.7 °C.

Flora nativa: riparia, *Anemopsis californica*, *Cyperus laevigatus*, *Juncus acutus* ssp. *leopoldii*, *Phragmites australis*, *Salix bonplandiana* y *Washingtonia robusta*; matorral sarcocaula, *Prosopis glandulosa* var. *Torreyana* (Ruiz-Campos et al., 2014a).

Flora exótica: riparia, *Phoenix dactylifera*; matorral sarcocaula, *Acacia farnesiana*; oportunista, *Ricinus communis* (Ruiz-Campos et al., 2014a).

Macrófitas acuáticas: algas filamentosas (*Enteromorpha* sp.).

Fauna acuática nativa: peces, *Fundulus lima* (Ruiz-Campos et al., 2003, 2006a); anfibios, *Anaxyrus punctatus* y *Pseudacris hypochondriaca curta* (Grismer, 2002); reptiles, *Thamnophis hammondi* (Grismer, 2002); y aves, *Tachybaptus dominicus*, *Megaceryle alcyon*, *Podiceps nigricollis*, *Podylimbus podiceps*, *Gallinula galeata*, *Fulica americana*, *Ardea alba*, *A. herodias*, *Butorides virescens*, *Egretta tricolor*, *Nycticorax nycticorax*, *Pelecanus occidentalis*, *Phalacrocorax auritus*, *Calidris minutilla*, *Limnodromus* sp., y *Actitis macularia* (Wurster et al., 2001; Ruiz-Campos, et al., 2014a).

Fauna acuática exótica: crustáceos, *Procambarus clarkii* (carácter invasor) (Hernández et al., 2008); peces, *Cyprinus carpio*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii*, *Tilapia* cf. *zillii* (carácter invasor) (Ruiz-Campos et al., 2006a) y *Gambusia affinis*; y anfibios, *Lithobates catesbeianus* (carácter invasor) (Grismer, 2002; Luja y Rodríguez-Estrella, 2010).

Macroinvertebrados acuáticos: briozoarios, ostrácodos, copépodos, larvas de dípteros, tricópteros, coleópteros, plecópteros, hemípteros, himenópteros, gasterópodos e hidracarinos (Acosta-Zamorano, 2006).

Uso actual: turismo y extracción de agua para irrigación de huertos familiares (domésticos).

Asentamientos humanos a menos de 5 km de distancia: San Ignacio con una población de 667 habitantes (INEGI, 2010).

Ecorregión: Desierto del Vizcaíno.

Protección: ninguna.



Figura 11. Localidad “Manantial”. Fotografía por Faustino Camarena Rosales, 2017.

2. El Tizón (ET)

Coordenadas geográficas: 27°17'53.2"N, 112°53'12.3"W

Altitud: 128 m.

Tipo de humedal: oasis permanente con pocas fluctuaciones en el nivel de inundación.

Fondo: arenoso.

Características físico-químicas del agua: oxígeno disuelto, 3.77-8.15 mg/l; pH, 7.02-9.6; conductividad, 0.11-1.49 mS/cm; salinidad, 0.1-0.8 ppt; TDS, 0.078-0.95 g/l; y temperatura, 22.87-29.6 °C.

Flora nativa: riparia, *Phragmites australis*, *Salix bonplandiana* y *Washingtonia robusta*; matorral sarcocaula, *Prosopis glandulosa* var. *Torreyana* (Ruiz-Campos et al., 2014a).

Flora exótica: riparia, *Phoenix dactylifera*; oportunista, *Ricinus communis*.

Macrófitas acuáticas: algas filamentosas (*Enteromorpha* sp.).

Fauna acuática nativa: peces, *Fundulus lima* (Ruiz-Campos et al., 2006a); anfibios, *Pseudacris hypochondriaca curta* y *Anaxyrus punctatus* (Grismer, 2002); reptiles, *Thamnophis hammondi* y *Trachemys nebulosa* (Grismer, 2002); y aves, *Tachybaptus dominicus*, *Podylimbus podiceps*, *Phalacrocorax auritus*, *Ardea herodias*, *A. alba*, *Butorides virescens*, *Ixobrychus exilis*, *Oxyura jamaicensis*, *Anas platyrhynchos*, *Fulica americana* y *Megaceryle alcyon* (Wurster et al., 2001).

Fauna acuática exótica: crustáceos, *Procambarus clarkii* (carácter invasor) (Hernández et al., 2008); peces, *Cyprinus carpio*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii* y *Tilapia* cf. *zillii* (carácter invasor) (Ruiz-Campos et al., 2006, 2012); y anfibios, *Lithobates catesbeianus* (carácter invasor) (Grismer, 2002; Luja y Rodríguez-Estrella, 2010).

Macroinvertebrados acuáticos: briozoarios, ostrácodos, copépodos, larvas de dípteros, tricópteros, coleópteros, plecópteros, hemípteros, himenópteros, gasterópodos e hidracarinos (Acosta-Zamorano, 2006). Truxal (1996) registró a *Notonecta indica*, *Buena arizonis*, *B. omani*, *B. scimitra* y *B. albida* (Hemiptera: Notonectidae).

Uso actual: turismo y extracción de agua para irrigación de huertos familiares.

Asentamientos humanos a menos de 5 km de distancia: San Ignacio con una población de 667 habitantes (INEGI, 2010).

Ecorregión: Desierto del Vizcaíno.

Protección: ninguna.



Figura 12. Localidad “El Tizón”. Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos, 2014.

3. Poza Larga (PL)

Coordenadas geográficas: 27°16'26.1"N, 112°54'46.5"W

Altitud: 108 m.

Tipo de humedal: oasis permanente con fuertes fluctuaciones en el nivel de inundación.

Fondo: manto rocoso/canto rodado.

Características físico-químicas del agua: oxígeno disuelto, 4.4-11.32 mg/l; pH, 7.8-10.42; conductividad, 0.34-4.81 mS/cm; salinidad, 0.2-2.6 ppt; TDS, 0.21-3.88 g/l; y temperatura, 16.94-27.2 °C.

Flora nativa: riparia, *Phragmites australis* y *Washingtonia robusta* (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Flora exótica: riparia, *Phoenix dactylifera*.

Macrófitas acuáticas: algas filamentosas (*Enteromorpha* sp.).

Fauna acuática nativa: peces, *Fundulus lima*; anfibios, *Pseudacris hypochondriaca curta* y *Anaxyrus punctatus* (Grismer, 2002); reptiles, *Thamnophis hammondii* y *Trachemmys nebulosa* (Grismer, 2002); y aves, *Podylimbus podiceps*, *Tachybaptus dominicus*, *Phalacrocorax auritus*, *Ardea herodias*, *A. alba*, *Fulica americana*, y *Megaceryle alcyon* (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Fauna acuática exótica: crustáceos: *Procambarus clarkii* (carácter invasor) (Hernández *et al.*, 2008); peces, *Cyprinus carpio*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii* y *Tilapia* cf. *zillii* (carácter invasor) (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a, Ruiz-Campos, 2012).

Macroinvertebrados acuáticos: briozoarios, ostrácodos, copépodos, larvas de dípteros, tricópteros, coleópteros, plecópteros, hemípteros, himenópteros, gasterópodos e hidracarinos (Acosta-Zamorano, 2006).

Uso actual: abrevadero para ganado caprino y vacuno.

Asentamientos humanos a menos de 5 km de distancia: San Ignacio con una población de 667 habitantes (INEGI, 2010).

Ecorregión: Desierto del Vizcaíno.

Protección: Dentro de los límites de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno.



Figura 13. Localidad "Poza Larga". Fotografía por Faustino Camarena Rosales, 2017.

4. Los Corralitos (LC)

Coordenadas geográficas: 27°13'01.9"N, 112° 59'16.9"W

Altitud: 43 m.

Tipo de humedal: oasis permanente con pocas fluctuaciones en el nivel de inundación.

Fondo: arenoso.

Características físico-químicas del agua: oxígeno disuelto, 5.58-14.1 mg/l; pH, 8.48-11.43; conductividad, 0.424-5.55 mS/cm; salinidad, 0.2-3.1 ppt; TDS, 0.27-3.55 g/l; y temperatura, 16.45-29.43 °C.

Flora nativa: riparia, *Distichlis spicata* y *Juncus acutus* ssp. *leopoldii*.

Flora exótica: sin registros.

Macrófitas acuáticas: algas filamentosas (*Enteromorpha* sp.) (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Fauna acuática nativa: peces, *Fundulus lima* (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a); anfibios, *Pseudacris hypochondriaca curta* y *Anaxyrus punctatus* (Grismer, 2002); reptiles, *Thamnophis hammondii* y *Trachemys nebulosa* (Grismer, 2002); y aves, *Podilymbus podiceps*, *Ardea alba*, *A. herodias*, *Butorides virescens*, *Phalacrocorax auritus* y *Tringa melanoleuca* (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Fauna acuática exótica: crustáceos, *Procambarus clarkii* (carácter invasor) (Hernández *et al.*, 2008); y peces, *Cyprinus carpio* y *Tilapia* cf. *zillii* (carácter invasor) (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a, 2012).

Macroinvertebrados acuáticos: briozoarios, ostrácodos, copépodos, larvas de dípteros, tricópteros, coleópteros, plecópteros, hemípteros, himenópteros, gasterópodos e hidracarinos (Acosta-Zamorano, 2006).

Uso actual: abrevadero para ganado caprino y vacuno.

Asentamientos humanos a menos de 5 km de distancia: ninguno.

Ecorregión: Desierto del Vizcaíno.

Protección: se encuentra dentro de los límites de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno.



Figura 14. Localidad "Los Corralitos". Fotografía por Faustino Camarena Rosales, 2017.

5. Los Pinos (LP)

Coordenadas geográficas: 27°12'37.3"N, 112°59'54.8"W

Altitud: 48.09 m.

Tipo de humedal: oasis permanente con moderadas fluctuaciones en el nivel de inundación.

Fondo: manto rocoso/arena.

Características físico-químicas del agua: oxígeno disuelto, 5.6-12.8 mg/l; pH, 8.5-11.4; conductividad, 0.44-5.55 mS/cm; salinidad, 0.2-3.1 ppt; TDS, 0.288-3.550 g/l; y temperatura, 16.4-29.4 °C.

Flora nativa: riparia, *Anemopsis californica*, *Distichlis spicata*, *Juncus acutus* ssp. *leopoldii*, *Scirpus californicus* y *Washingtonia robusta*; matorral sarcocaula, *Prosopis articulata* (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Flora exótica: riparia, *Phoenix dactylifera*; matorral sarcocaula, *Acacia farnesiana*.

Macrófitas acuáticas: algas filamentosas (*Enteromorpha* sp.).

Fauna acuática nativa: peces, *Fundulus lima* (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a); anfibios: *Pseudacris hypochondriaca curta* y *Anaxyrus punctatus* (Grismer, 2002); reptiles, *Thamnophis hammondi* y *Trachemys nebulosa* (Grismer, 2002); y aves, *Gallinago delicata*, *Tringa melanoleuca* y *Butorides virescens* (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Fauna acuática exótica: peces, *Tilapia* cf. *zillii* (carácter invasor) (Ruiz-Campos *et al.*, 2006a, 2012).

Macroinvertebrados acuáticos: briozoarios, ostrácodos, copépodos, larvas de dípteros, tricópteros, coleópteros, plecópteros, hemípteros, himenópteros, gasterópodos e hidracarinos (Acosta-Zamorano, 2006).

Uso actual: abrevadero para ganado caprino y vacuno.

Asentamientos humanos a menos de 5 km de distancia: ninguno.

Ecorregión: Desierto del Vizcaíno.

Protección: se encuentra dentro de los límites de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno.



Figura 15. Localidad “Los Pinos”. Fotografía por Faustino Camarena Rosales, 2017.

6. San Sabas (SS)

Coordenadas geográficas: 27°11'51.8"N, 113°00'09.3"W

Altitud: 48.5 m.

Tipo de humedal: oasis permanente con moderadas fluctuaciones en el nivel de inundación.

Fondo: manto rocoso con parches de arena.

Características físico-químicas del agua: oxígeno disuelto, 4.2-15.85 mg/l; pH, 8.67-11.45; conductividad, 0.543-7.76 mS/cm; salinidad, 0.3-4.3 ppt; TDS, 0.349-4.990 g/l; y temperatura, 17.1-33.96 °C.

Flora nativa: riparia, *Anemopsis californica*, *Distichlis spicata*, *Juncus acutus* ssp. *leopoldii*, *Scirpus californicus* y *Washingtonia robusta*; matorral sarcocaula, *Prosopis articulata* (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Flora exótica: riparia, *Phoenix dactylifera*; matorral sarcocaula, *Acacia farnesiana* (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

Macrófitas acuáticas: algas filamentosas (*Enteromorpha* sp.).

Fauna acuática nativa: peces, *Fundulus lima* (Ruiz-Campos *et al.*, 2003); anfibios, *Pseudacris hypochondriaca curta* y *Anaxyrus punctatus* (Grismer, 2002); reptiles, *Thamnophis hammondii* y *Trachemys nebulosa* (Grismer, 2002); y aves, *Aythya valisneria*, *Ardea alba*, *A. herodias* y *Phalacrocorax auritus*.

Fauna acuática exótica: crustáceos, *Procambarus clarkii* (carácter invasor) (Hernández *et al.*, 2008); y peces, *Cyprinus carpio*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii* y *Tilapia* cf. *zillii* (carácter invasor) (Ruiz-Campos *et al.*, 2006, 2012).

Macroinvertebrados acuáticos: briozoarios, ostrácodos, copépodos, larvas de dípteros, tricópteros, coleópteros, plecópteros, hemípteros, himenópteros, gasterópodos e hidracarinos (Acosta-Zamorano, 2006).

Uso actual: eventualmente, sitio de abrevadero para ganado caprino y vacuno.

Asentamientos humanos a menos de 5 km de distancia: ninguno.

Ecorregión: Desierto del Vizcaíno.

Protección: Dentro de los límites de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno.



Figura 16. Localidad "San Sabas". Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos, 2017.

ANEXO II. Aspectos sociales

II.1 (Cuestionario)

Fecha: _____

No de encuesta: _____



Hola que tal, soy estudiante de la UABC-FC, y estoy realizando un trabajo de investigación sobre los peces en esta zona. Esta información es confidencial y solo se utilizará de manera agrupada.

Le agradezco de antemano el tiempo que dedique a contestar ésta encuesta.

PREGUNTAS GENERALES

1.- Me puede decir ¿Qué edad tiene?

- | | |
|---------------|------------------|
| 1) 15-24 años | 4) 45-54 años |
| 2) 25-34 años | 5) 55-64 años |
| 3) 35-44 años | 6) 65 años o más |

2.- ¿Dónde nació?

- | | |
|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1) San Ignacio | 4) Estado de Baja California |
| 2) Alguna otra delegación del municipio de Mulegé | |
| 3) Algún otro municipio de Baja California Sur | 5) Otro Estado (especifique) _____ |

Si la respuesta es San Ignacio, favor de pasar a la pregunta 4.

11.- ¿Cuándo fue la última vez que las visitó?

- 1) Menos de un mes
2) Entre uno y seis meses
3) Entre 6 meses y 1 año
4) Más de un año.

12.- ¿Cada cuánto las visita?

- 1) Diario
2) Cada semana
3) Cada mes
4) Cada dos meses
5) Cada año
6) Otro (especifique) _____

13.- ¿Quiénes lo acompañan cuando visita las pozas?

- 1) Con amigos
2) Con familia
3) Ambos
4) Sólo

14.- Cuando visita las pozas ¿Qué actividades acostumbra realizar?

- 1) Nadar
2) Pasear
3) Pescar
4) Descansar
5) Otra _____

15.- ¿Cuánto tiempo permanece normalmente en las pozas cada vez que las visita?

- 1) 1 hora
2) 2-3 Horas
3) 4-5 horas
4) Más de 5 horas

16.- ¿Ha observado algún cambio en las pozas desde que las visita?

Describir _____

PREGUNTAS SOBRE LOS PECES DE LAS POZAS

17.- ¿Ha visto peces en las pozas u oasis?

- 1) Sí
2) No

Si su respuesta es no, termina la encuesta.

17.1.- ¿Cuáles reconoce?

_____, _____, _____.

Si su respuesta es roñosito o sardinita favor de pasar a la pregunta 19

17.2.- ¿Cuáles identifica? (Mostrar folleto con fotografías de las especies)

_____, _____, _____.

27.- ¿La utilizó?

1) Sí

2) No

Si su respuesta es no, favor de pasar a la pregunta 30.

28.- ¿Para qué la utilizó?

Describir _____

Si su respuesta no es cocinar, favor de pasar a la pregunta 30.

29.- ¿Le gustó?

1) Sí

2) No

30.- ¿Ha observado algún cambio en las pozas desde que hay tilapia?

1) Si

2) No

Si la respuesta es no, favor de pasar a la pregunta 31

30.1.- ¿Qué cambio o cambios ha observado?

Describir _____

31.- ¿Desea agregar algo más sobre las pozas?

32.- ¿Desea agregar algún otro comentario sobre los peces de las pozas?

II.2 (Catálogo de imágenes para identificación de especies ícticas en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio)

Fundulus lima



Figura 17. *Fundulus lima*. Fotografías por Gorgonio Ruiz Campos, 2012).

Tilapia cf. zillii



Figura 18. *Tilapia cf. zillii*. Fotografía por Gorgonio Ruíz Campos, 2012.

Cyprinus carpio



Figura 19. *Cyprinus carpio*. Fotografía por Gorgonio Ruíz Campos, 2012.

Poecilia reticulata



Figura 20. *Poecilia reticulata*. Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos, 2012.

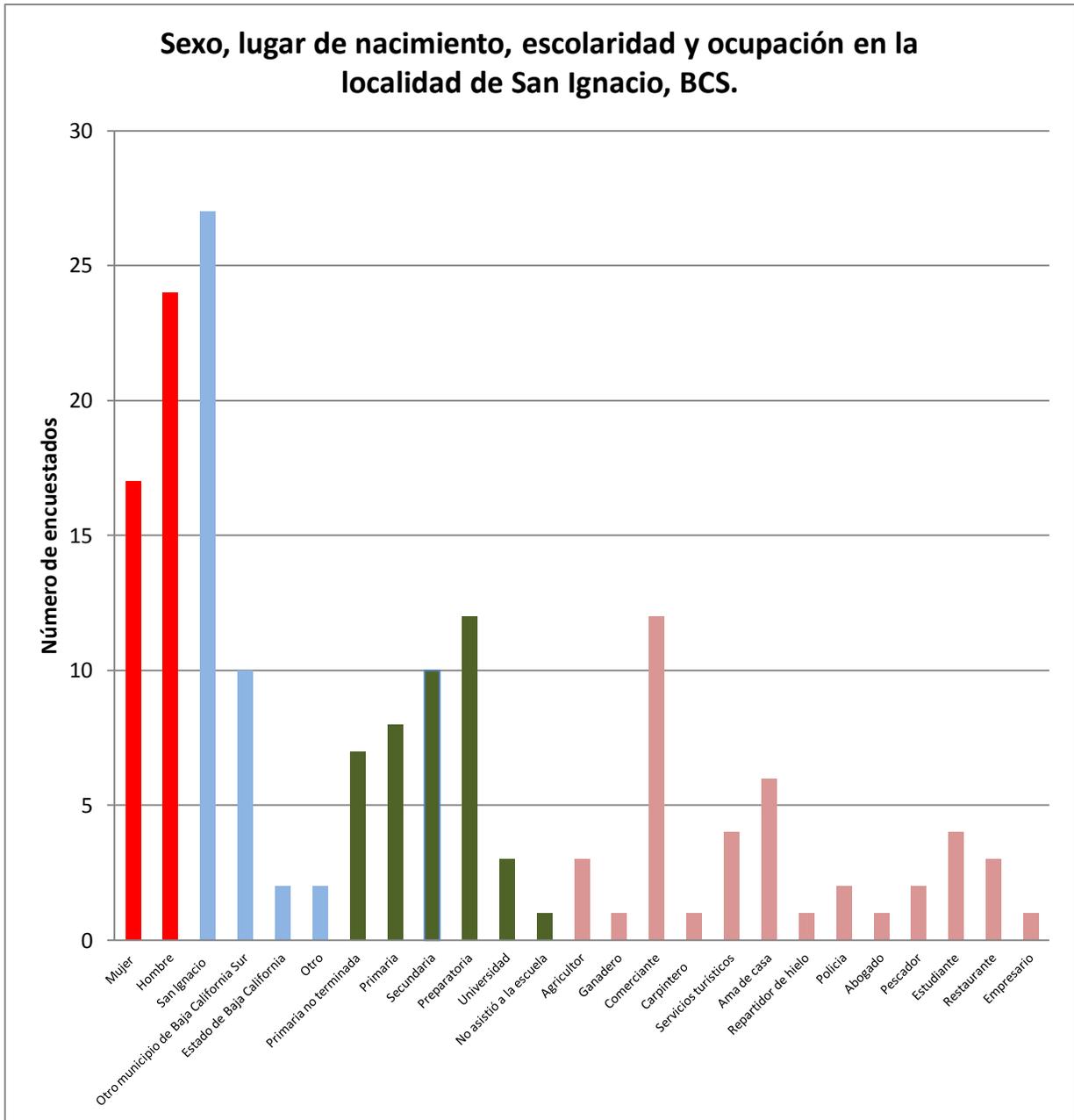
Xiphophorus hellerii



Figura 21. *Xiphophorus hellerii*. Fotografía por Gorgonio Ruiz Campos, 2012.

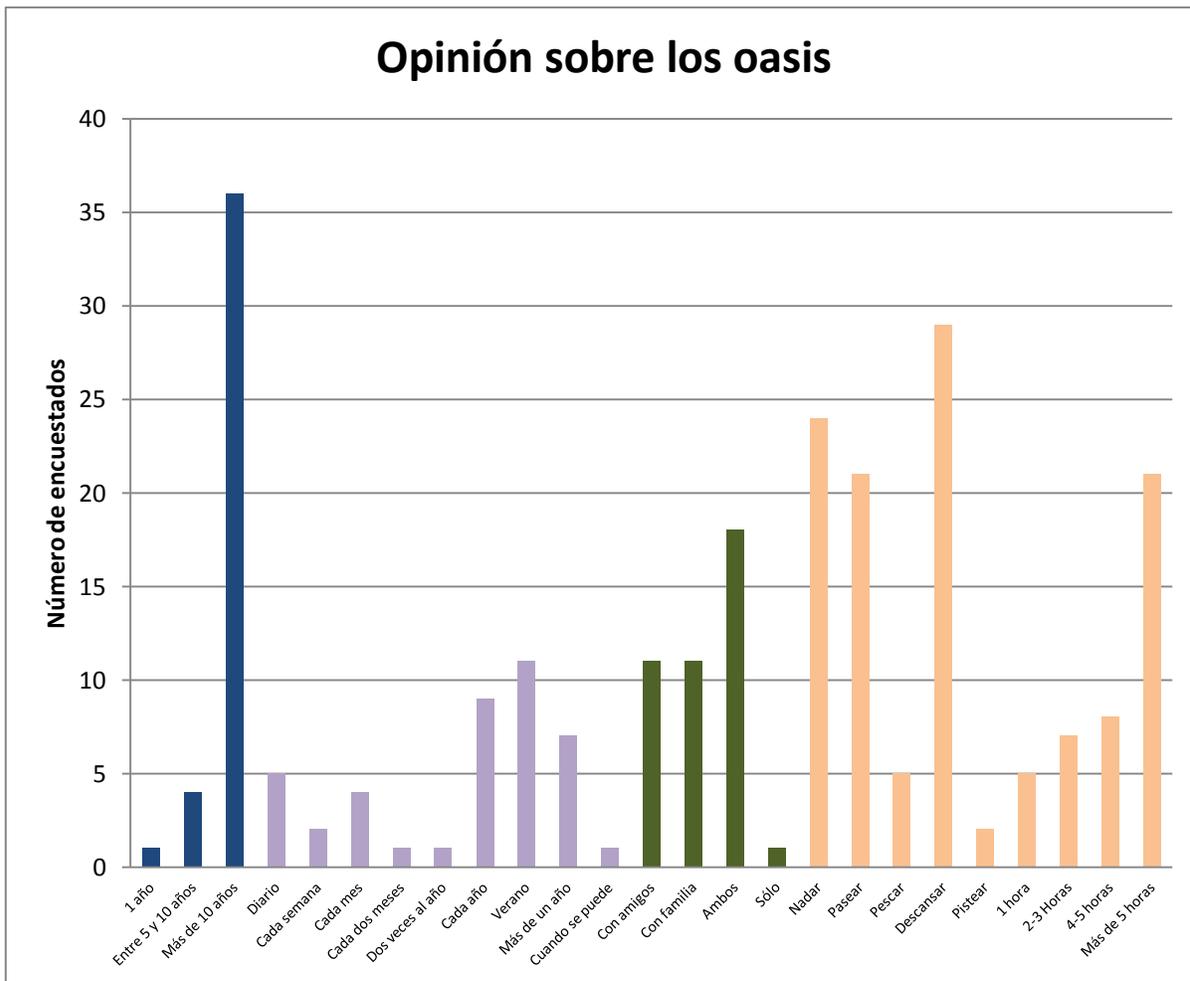
II. 3 Gráficas sobre los resultados de los entrevistados

II.3.1 Primera sección



Gráfica 1. Sexo, lugar de nacimiento, escolaridad y ocupación de los entrevistados en la localidad de San Ignacio, B.C.S.

II.3.2 Segunda sección



Gráfica 2. Sexo, Respuestas de la segunda sección de preguntas del cuestionario aplicado en San Ignacio, B.C.S.

ANEXO III. Material de apoyo para elaboración de plan de manejo

III.1 Modelo FPEIR de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio

Tabla 8. Modelo de fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta de los oasis de la cuenca del Río San Ignacio, Baja California Sur, México. Elaboración propia.

Criterios	Fuerzas motrices (causas)	Presión	Estado	Impacto	Respuesta
Diversidad de especies de peces	Introducción de especies exóticas a consecuencia de la piscicultura rural	Competencia de hábitat de con especies nativas.	<i>Fundulus lima</i> se encuentra en peligro de extinción a causa de la competencia de hábitat con la especie exótica <i>Tilapia cf. zillii</i> .	Declive poblacional de <i>Fundulus lima</i> por especies exóticas al punto de la extirpación de la zona en algún momento a futuro como ha sucedido en otros poblados.	Remoción de especies exóticas (Planes de control y remoción de especies exóticas). Talleres de concientización ambiental para que se realice difusión y divulgación de la importancia de conservar las especies autóctonas y las consecuencias que conlleva la introducción de exóticos.
Naturales	Fenómenos naturales (Huracanes)	Aumento del nivel del río. Asolve de los oasis	Desbordamiento del río por el Huracán Marty (2003) Profundidad menor a la de años anteriores de los oasis	Introducción de especies exóticas por unión de oasis por cierto lapso de tiempo debido al aumento del nivel del río. Disminución de la profundidad, por tanto menor cantidad de agua almacenada en los oasis	Barreras más altas entre los puentes. Desazolvar los oasis
	Transmisión del nematodo endoparásito (<i>Contraecum multipapillatum</i>) por parte de aves acuáticas ictiófagas	Mayor cantidad de individuos infectados durante en el	Gran porcentaje de <i>Fundulus lima</i> tiene una elevada incidencia de este nematodo.	Afectamiento en las gónadas, hígado e intestino de <i>Fundulus lima</i> .	Tratamiento a los individuos que posean este nematodo

	(cormoranes, garzas, etc.).	transcurso de los años.			
	Desconocimiento de áreas prioritarias para conservación de los oasis	Uso insostenible de recursos y afectamiento en zonas clave de conservación de la especie.	Falta de identificación de áreas prioritarias para la conservación y de valoración de la importancia de los oasis	Pérdida de biodiversidad y deterioro de los oasis.	Plan de conservación de áreas prioritarias de los oasis.
Demografía	Consumo de agua	Consumo de agua por habitante o actividad económica.	Se extrae una mayor cantidad de agua que la obtenida de recargas producidas por año, llevando a un uso insostenible del recurso.	Se estima un aumento en los consumos de agua para uso urbano en los próximos años. Esto conlleva un aumento en la carga de aguas residuales que incidan sobre los oasis. Sobreexplotación de agostaderos y mantos acuíferos subterráneos.	Determinar cuál es la cantidad de agua que debe de extraerse sosteniblemente
	Vertido de aguas residuales	Caudal de aguas residuales, carga contaminante, cumplimiento de la normativa.	Falta del servicio de drenaje en el poblado de San Ignacio	Perdida de la calidad del agua y los sedimentos. Afección a las comunidades acuáticas. Aparición de malos olores Contaminación microbiológica	Elaboración de un sistema de drenaje el cual el destino final sea una planta de tratamiento de agua residual.
	Turismo	Contaminación por desechos producidos.	Mayor porcentaje de basura en los oasis	Incremento de desechos en los oasis	Campañas de limpieza y pláticas hacia los turistas del impacto que provoca la contaminación en los oasis
	Crecimiento demográfico	Contaminación por desechos y explotación del agua.	Ausencia de planeación del crecimiento de asentamientos humanos.	Aumento en el resto de presiones-indicadores relacionados con la demografía	Campañas de recolección de basura Plan de manejo de desechos

Pesca, acuicultura, agricultura, ganadería y deforestación.	Deforestación	Tala por quema de palmares y carrizos para construcción de techos o cercos.	Falta de manejo de los recursos forestales	Pérdida de biodiversidad. Comunidad aviar seriamente afectada, como por ejemplo, la disminución de individuos del ave endémica <i>Geothlypis beldingi</i> (Rodríguez-Estrella <i>et al.</i> 1997).	Plan de manejo de los recursos forestales.
	Ganadería (Caprino y vacuno)	Mayor compactación de suelos y contaminación en el agua	Baja actividad en el poblado de San Ignacio	Perdida de la calidad de las aguas y sedimentos especialmente en épocas de lluvia	Delimitar áreas de pastoreo con el fin de disminuir los impactos.
	Acuicultura	Competencia de hábitat con especies nativas por escape de especies exóticas	<i>Tilapia cf. zilli</i> es la especie dominante en el sitio, impactando directamente por competencia de hábitat a la especie endémica <i>Fundulus lima</i>	Introducción de especies exóticas por escape de granjas acuícolas	Rigorosas normas para no permitir que se escape ninguna especie acuícola a los oasis.
	Agricultura	Consumo de agua, pesticidas, carga contaminante de las aguas de escorrentía.	Baja actividad en el poblado de San Ignacio.	Perdida de la calidad del agua y sedimentos especialmente en épocas de lluvia o de aplicación de fitosanitarios. La aplicación de fertilizantes puede generar pequeños procesos de eutrofización de las aguas en el Río San Ignacio	Capacitación a los agricultores por medio de cursos y talleres donde se dé a conocer técnicas orgánicas para la práctica de dicha actividad. Así, como el uso sostenible del recurso agua y el suelo.
Infraestructura	Construcción de diques a lo largo de los oasis	Alteración a los flujos de agua superficiales	Se observan varios diques obstruyendo el paso del agua a lo largo de los oasis.	Impedimento de transporte de especies. Estancamiento del agua.	Plan de infraestructura con el fin de tener una buena planeación en la construcción de los diques a lo largo del oasis a futuro en caso de ser necesarios.

III.2 Análisis de fuerzas motrices, presiones e impactos potenciales en los oasis de la cuenca del Río San Ignacio

Tabla 9. Análisis de Fuerzas motrices, Presiones e Impactos potenciales sobre los oasis de la cuenca del Río San Ignacio. Elaboración propia.

Fuerzas motrices: indicadores de presión. Breve descripción	Descripción del impacto potencial de cada indicador	Impacto global Fuerzas motrices-presión
DEMOGRAFÍA:		
Crecimiento Demográfico. La población de San Ignacio ha presentado un ligero decrecimiento demográfico en los últimos años: 1990 (799 habitantes), 2010 (667 habitantes). Sin embargo no se puede deducir que así vaya a pasar en los siguientes años. Así mismo faltaría contar a los turistas que lleguen a la región.	Aumento en el resto de presiones-indicadores relacionados con la demografía	PRESENCIA DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN Y SÓLIDOS FLOTANTES AGOTAMIENTO DEL CONTENIDO DE OXÍGENO EUTROFIZACIÓN COLORACIÓN DE LAS AGUAS APARICIÓN DE MALOS OLORES CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA TOXICIDAD ACUÁTICA
Consumo de agua: consumo de agua por habitante y total del poblado. 86% del agua es para uso agrícola, el restante es para uso doméstico.	Se estima un aumento en los consumos de agua para uso personal, agrícola y ganadero para los próximos años. Esto conlleva un aumento en la carga de aguas residuales que incidan sobre el medio acuático	
Vertido de aguas residuales: caudal de aguas residuales, carga contaminante o desechos sólidos, cumplimiento de la normativa. La calidad de los efluentes de los oasis del Río San Ignacio puede llegar a no cumplir con los requisitos de calidad establecidos por la normatividad. El principal foco de contaminación pueda darse a causa del uso agrícola o urbano.	Pérdida de la calidad de las aguas y los sedimentos. Afección a las comunidades acuáticas	
Turismo: consumo de agua y mayor producción de desechos por los turistas. Este poblado es visitado por 3,000 visitantes al año en especial para observar a las ballenas, sin embargo, también muchos de ellos se dan la oportunidad de visitar los Oasis.	Aumento en el resto de presiones-indicadores relacionados con el consumo de agua y producción de desechos.	
ACUICULTURA, AGRICULTURA, GANADERÍA		
Acuicultura: Introducción de especies exóticas. En los últimos 40 años se han introducido gran número de especies exóticas en estos oasis, la mayoría de ellas a causa de escapes en granjas acuícolas, provocando competencia de hábitat, entre otros problemas con especies nativas. Un ejemplo claro, es el ocurrido con la especie endémica <i>Fundulus lima</i> , la cual ha sido desplazada o presentado menor abundancia en las localidades estudiadas en los últimos 20 años principalmente por la especie exótica <i>Tilapia cf. zillii</i> (Ruiz-Campos, 2012) al punto de llevar a catalogar a <i>Fundulus lima</i> en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010).	Invasión por especies piscícolas y competencia con especies nativas.	Pérdida de biodiversidad

<p>Agricultura intensiva: consumo de agua, fitosanitarios peligrosos, carga contaminante de las aguas de escorrentía. La agricultura es una actividad importante en el oasis, sin embargo el mal uso de los fertilizantes y las fumigaciones, convierten a esta actividad una amenaza potencial sobre la calidad del oasis.</p>	<p>Pérdida de la calidad de las aguas y sedimentos especialmente en épocas de lluvia o de aplicación de fitosanitarios. La aplicación de fertilizantes puede generar pequeños procesos de eutrofización de las aguas del oasis</p>	<p>PÉRDIDA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS TOXICIDAD ACUÁTICA</p>
<p>Ganadería: carga contaminante de las aguas de escorrentía. Es una actividad puntual que se desarrolla a las afueras del oasis y con un grado de actividad baja no genera una disminución considerable en la calidad ambiental del oasis</p>	<p>Perdida de la calidad de las aguas y sedimentos fundamentalmente en épocas de lluvia</p>	<p>CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA</p>
<p>CALIDAD DE HÁBITAT</p>		
<p>Deforestación: consumo de recursos maderables. Gran cantidad de las poblaciones de flora presentan algún tipo de disturbio, como la tala de palma o evidencias de incendios.</p>	<p>Pérdida de vegetación y hábitat para especies de aves.</p>	<p>DESTRUCCIÓN DE HÁBITATs</p>