



Universidad Autónoma de Baja California  
Facultad de Ciencias



Maestría en Ciencias en Manejo en Ecosistemas  
de Zonas Áridas



“Evaluación del estado actual de la población remanente del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) y sus hábitats, en el humedal costero de Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, como línea base para generar un plan de conservación”

Tesis

Que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presenta

**SERGIO ALEJANDRO CELAYA DELGADO**

**ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. MAYO DE 2023**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS**

“Evaluación del estado actual de la población remanente del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) y sus hábitats, en el humedal costero de Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, como línea base para generar un plan de conservación”.

TESIS

Que para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

SERGIO ALEJANDRO CELAYA DELGADO

Aprobado por



Dr. Gorgonio Ruiz Campos

Director de tesis



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera

Sinodal



M.C. Sergio Ignacio Larios Castillo

Sinodal

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. MAYO DE 2023

## RESUMEN

La tendencia y estado de conservación actual de la población remanente del pez espinucho en peligro de extinción (*Gasterosteus aculeatus*) y su hábitat fue evaluado en el humedal costero de la lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante los últimos veinte y seis años (1996-2022), incluyendo un análisis de las amenazas por actividades antropogénicas. La abundancia del pez espinucho expresada como captura por unidad de esfuerzo (CPUE) ha variado en las últimas dos décadas (0.09 a 3.35 individuos/trampa/hora) con una tendencia al incremento en el tiempo ( $Y = -0.3398 + 0.2153 * X$ ), condición que pudiera revertirse a corto plazo debido a que recientemente (desde 2020) se estableció un desarrollo urbano en sus inmediaciones, lo cual eventualmente generará descargas de aguas de desecho y sedimentos hacia el vaso lacustre. Un factor muy importante que deberá ser monitoreado como indicador de la calidad del hábitat para el pez espinucho es la salinidad, ya que se demostró que existe una correlación inversa entre ambas. Basado en la evaluación de la situación actual de la población de este taxón en su único humedal de distribución en México, complementado con un análisis de FODA, se generó *ex profeso* una propuesta de conservación.

Palabras clave: *Gasterosteus aculeatus*, abundancia, hábitat, amenazas, plan de conservación.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes personas e instituciones el apoyo que me brindaron durante esta etapa de aprendizaje en el desarrollo de mi tesis.

A mi madre, que a pesar de ya no estar conmigo físicamente fuiste quien me impulso a seguir aprendiendo y superarme con tus acciones, te amo y te extraño mucho.

A mi padre, por siempre brindarme tu apoyo incondicional en la vida, ayudarme a superarme y siempre estar ahí cuando te necesito, además de hacer de mis hermanos y yo personas de bien.

A mis hermanos, Carlos, Ramiro y Marcos por estar ahí siempre, apoyarme y distraerme cuando me sentía estresado y hacer un poco más relajados los días.

A Yulissa Crockwell, por aguantarme en mis malos momentos, apoyarme y darme ánimos cuando más lo necesitaba, además de siempre motivarme para seguirme superando.

A mi director de tesis, Dr. Gorgonio Ruíz Campos, ya que usted siempre confió en mí, además que me ayudó a crecer mucho como persona y de manera profesional, por sus consejos, enseñanzas, la dedicación para poder realizar este trabajo y lo más importante, su amistad.

A mi comité de tesis, Dra. Juana Leyva Aguilera y M. en C. Sergio Larios Castillo, por apoyarme, su buena disposición para explicarme, realizar observaciones, correcciones y sus enseñanzas.

Al coordinador de posgrado y tutor, Dr. Aldo Guevara por su buena disposición y la ayuda proporcionada en el transcurso de esta etapa.

A mi amigo Iván Alejandro Meza Matty, por tu valiosa ayuda, la disposición para apoyarme a realizar los muestreos con tu buena actitud, y apoyarme a resolver las dudas que surgieron venían surgiendo durante la realización de este trabajo.

A mi compañera de maestría, Jatziri Ortiz por tu apoyo durante el transcurso de la maestría, además de los consejos y siempre sacarme de dudas.

Al Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología (CONACYT), por su apoyo en esta etapa, por la ayuda económica recibida durante el transcurso de la maestría, con la cual pude solventar mis gastos durante este tiempo y conseguir estudiar el posgrado.

Al programa de Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas de la Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, por todas las enseñanzas adquiridas, por permitirme ser parte de su programa y confiar en que sería buen alumno, así como a todos los maestros involucrados en dar alguna clase en las cuales tuve el gusto de aprender nuevas cosas.

A mis compañeros de maestría, por todo el apoyo brindado durante mi estancia en el programa de maestría, por sus comentarios y ayudarme a mejorar profesionalmente.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
INTRODUCCIÓN .....	12
JUSTIFICACIÓN .....	13
HIPÓTESIS .....	14
OBJETIVOS .....	14
General .....	14
Específicos.....	15
ANTECEDENTES .....	15
Descripción .....	15
Distribución geográfica .....	16
Estatus de conservación .....	19
Abundancia poblacional histórica.....	19
Hábitat.....	20
Evaluación del paisaje.....	22
Imágenes aéreas.....	23
Área de estudio .....	24
METODOLOGÍA.....	27
Caracterización del hábitat y abundancia poblacional .....	27
Análisis de datos .....	30
Evaluación del paisaje .....	32
Análisis de amenazas .....	32

Actores principales y análisis FODA .....	34
RESULTADOS .....	35
Parámetros fisicoquímicos del agua .....	35
Ictiofauna registrada .....	38
Abundancia relativa y estructura poblacional del pez espinucho .....	38
Distribución de frecuencias de talla por sexo .....	44
Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) .....	48
Estructura de tallas por grupos modales .....	51
Análisis de correlación multivariada .....	54
Patrón del paisaje .....	54
Análisis de amenazas .....	60
Propuesta de manejo .....	64
DISCUSIÓN .....	71
Variables fisicoquímicas del hábitat .....	71
Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) .....	72
Vegetación y avifauna asociada .....	72
Amenazas del sistema .....	73
CONCLUSIÓN .....	75
BIBLIOGRAFÍA .....	76
ANEXOS .....	80
Anexo i. Breve descripción de especies ícticas exóticas registradas la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México (periodo 1996-2022).....	80
Anexo II. Comparación paisajística de la Lagunita El Descanso, municipio de Rosarito, Baja California, México, en diferentes años en el período 1996-2022.	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pez espinucho del morfotipo parcialmente armado. ....	17
Figura 2. Pez espinucho del morfotipo completamente armado.....	17
Figura 3. Pez espinucho del morfotipo desprovisto de placas .....	17
Figura 4. Registros históricos del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) en el noroeste de Baja California, México. (Fuente: Follett, 1969; Hubbs y Miller, 1969). .....	18
Figura 5. Distribución actual del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) en el humedal costero de Lagunita El Descanso, municipio de Rosarito, Baja California, México. ....	21
Figura 6. Ubicación geográfica del humedal costero remanente de Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México.....	25
Figura 7.. Detalle del sitio de estudio: Lagunita El Descanso, adyacente a la bocana del Arroyo El Descanso, Rosarito, Baja California, México. Fotografía G. Ruiz-Campos.....	26
Figura 8. Trampas tipo “minnow” utilizadas para la captura del pez espinucho en la lagunita El Descanso, con sus respectivas medidas. ....	29
Figura 9. Posición de colocación de las trampas en cada evento de muestreo reciente Los círculos blancos representan el evento de muestreo de 29 febrero 2020 y los círculos amarillos el segundo y tercer evento de muestreo (14 noviembre 2020 y 29 abril 2022). ....	29
Figura 10. Utilización del dron como una herramienta de apoyo para la evaluación del paisaje y amenazas en el humedal de estudio, durante los muestreos recientes de 2020 a 2022.....	31
Figura 11. Salinidad promedio histórica y actual registrada en la Lagunita Adyacente El Descanso, Rosarito, Baja California, México. ....	36
Figura 12. Distribución de frecuencia de tallas del pez espinucho <i>Gasterosteus aculeatus</i> en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, durante el periodo 1996-2011. ....	40

Figura 13. Distribución de frecuencia de tallas del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, durante el periodo 2020-2022. ....	45
Figura 14. Distribución de tallas por sexo del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) durante el muestreo realizado el 29 de febrero del 2020. ....	46
Figura 15. Distribución de tallas por sexo del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) durante el muestreo de 14 de noviembre de 2020. ....	46
Figura 16. Distribución de tallas por sexo del pez espinucho <i>Gasterosteus aculeatus</i> durante el muestreo de 29 de abril de 2022. ....	47
Figura 17. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE, individuos/trampa/hora) del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2022. ....	49
Figura 18. Tendencia poblacional de la CPUE de <i>Gasterosteus aculeatus</i> en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, durante 11 eventos de muestreo en el período 1996-2022. ....	50
Figura 19. Estructura poblacional estimada del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el muestreo de febrero de 2020. ....	52
Figura 20. Estructura poblacional estimada del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el muestreo de noviembre de 2020. ....	53
Figura 21. Relación entre la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) del pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) y la salinidad en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el período 1996-2022. ....	56
Figura 22. Caracterización del paisaje actual en la localidad de lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo de 2020. ....	57
Figura 23. Cobertura de vegetación registrada en el humedal de Lagunita el Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el año 2020. ....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Valores promedio de las variables fisicoquímicas obtenidas en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante 1996-2022. ....	37
Tabla II. Especies ícticas registradas históricamente y actualmente en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México (1996-2022). ....	39
Tabla III. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) previa (P) y reciente (R) del pez espinucho en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2022. ....	39
Tabla IV. Número de individuos capturados de; pez espinucho <i>Gasterosteus aculeatus</i> por sexo y evento de muestro en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante los tres muestreos más recientes (2020-2022). ....	40
Tabla V. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) previa (P) y reciente (R) del pez espinucho en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2022. ....	49
Tabla VI. Matriz de correlación de variables fisicoquímicas y de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE= Individuos/trampa/hora) registradas en la lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México (1996-2022). ....	56
Tabla VII. Especies vegetales registradas en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México. ....	57
Tabla VIII. Avifauna registrada en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el evento de muestreo de noviembre del 2020. ....	59
Tabla IX. Valores asignados para los diferentes sistemas de conservación en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2020. ....	61
Tabla X. Puntuaciones de los impactos y sus fuentes en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2020. ....	61
Tabla XI. Valores asignados para el sistema de conservación en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante 1996-2020. ....	63

Tabla XII . Actores potenciales identificados para desarrollar la propuesta de conservación para el pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> ) en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México.....	65
Tabla XIII. Análisis FODA para la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, donde reside el pez en peligro de extinción <i>Gasterosteus aculeatus</i> .....	66
Tabla XIV. Propuestas de manejo para los impactos a nivel sistema en la lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México. ....	67

## INTRODUCCIÓN

El pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) se distribuye en humedales a lo largo de la costa del Pacífico, desde el Estrecho de Bering, Alaska hasta el río El Rosario, Baja California, México (Ruiz Campos et al., 2014). En Baja California, la distribución histórica del pez espinucho abarcó once localidades del noroeste (Follett, 1960; Miller y Hubbs, 1969), lo cual paulatinamente se redujo a tres localidades (arroyos Cantamar, Lagunita El Descanso y El Rosario) por alteración de los hábitats (Ruiz-Campos et al., 2014), y actualmente solo persiste en una localidad (Lagunita El Descanso) (Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023).

Esta especie anádroma es muy susceptible a modificaciones de su entorno natural, por lo que la alteración de sus hábitats por actividades antropogénicas ha sido el factor principal que ha ocasionado su disminución poblacional en la parte más austral de su ámbito de distribución (Ruiz-Campos et al., 2016; Turba et al., 2022; Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023). El estatus de conservación actual del pez espinucho se encuentra en la categoría de peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

El pez espinucho habita en zonas litorales y arroyos cercanos a la costa, los cuales poseen fondos areno-limoso y vegetación sumergida. Esta especie en Baja California prefiere aguas salobres de salinidad promedio de 8.6 ‰ (intervalo de 1 a 15 ‰) y se alimenta de modo oportunista a base de larvas de quironómidos, cladóceros, ostrácodos y copépodos (Sánchez-González *et al.*, 2001; Valenzuela-López, 2014; Ruiz-Campos y Varela-Romero, 2016; Valenzuela-López y Ruiz-Campos, 2020).

La reducción en la distribución del pez espinucho en Baja California ha sido atribuida a la alteración de los hábitats debido a actividades antrópicas como: urbanización, contaminación, pastoreo por ganado, azolvamiento progresivo de los canales fluviales por acarreo de sedimento proveniente de campos agrícolas adyacentes, entre otros (Ruiz-Campos *et al.*, 2000; Ruiz-Campos *et al.*, 2014a; Ruiz-Campos y Varela-Romero, 2016), además de competencia con peces exóticos (Ruiz-Campos

et al., 2014b). En la zona costera entre Tijuana-Ensenada, el crecimiento acelerado y no regulado de la población humana, así como el desarrollo turístico y urbano, representan ya serias amenazas para la integridad ecológica de los ecosistemas y los recursos naturales. Por estas razones, los humedales costeros pequeños de esta región han sido afectados en los últimos veinte años por cambios en el uso del suelo, y hasta el momento no existe un plan de conservación activo para proteger a estos ecosistemas fuertemente amenazados. Es por ello, que monitoreos recientes enfocados hacia el pez espinucho en el noroeste de Baja California, han consignado su confinamiento distribucional a una sola localidad, la Lagunita El Descanso, en el municipio de Rosarito.

## JUSTIFICACIÓN

Considerando que hace casi una década, sólo quedaban tres humedales con presencia del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en México, particularmente en el noroeste de Baja California (Ruiz-Campos et al., 2014a), su situación actual

se ha venido complicando por el confinamiento en su distribución a una localidad (Lagunita El Descanso) en el municipio de Rosarito, causado por el avance progresivo en el cambio de uso del suelo en el corredor turístico Tijuana-Ensenada y la expansión agrícola en los valles costeros entre Bahía Colonet y El Rosario (Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023).

La información generada sobre la abundancia y hábitat de este pez en los últimos 27 años en el humedal costero de Lagunita El Descanso (adyacente a la bocana del arroyo del mismo nombre), representa una excelente oportunidad de evaluar el estado actual de conservación poblacional y calidad de su hábitat de este pez en peligro de extinción, además de caracterizar desde el punto de vista paisajístico las amenazas que enfrenta este humedal debido a los cambios en el uso de suelo.

Actualmente no existe un programa de conservación de los humedales donde se distribuye el pez espinucho en Baja California, por lo cual es importante generar una

propuesta de plan de conservación de este pez nativo en peligro de extinción y de la única población remanente de dicho taxón en México.

## HIPÓTESIS

Considerando que las poblaciones mexicanas del pez espiñocho (*Gasterosteus aculeatus*) han estado disminuyendo en los últimos 30 años debido a modificaciones del hábitat por actividades antropogénicas, se derivan las siguientes hipótesis:

Ho: La población remanente del pez espiñocho (*Gasterosteus aculeatus*) y su hábitat se encuentran estables en el humedal costero de Lagunita El Descanso, en el noroeste de Baja California, a pesar de las amenazas generadas por actividades antropogénicas en sus inmediaciones en los últimos 30 años, pero que requiere de la implementación de un plan de conservación para evitar futuros impactos.

Ha: La población remanente del pez espiñocho (*Gasterosteus aculeatus*) y su hábitat se encuentran inestables en el humedal costero de Lagunita El Descanso, en el noroeste de Baja California, por efecto de las amenazas generadas por actividades antropogénicas en sus inmediaciones y la carencia de un plan de conservación integral de este ecosistema.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar el estado actual de la población remanente del pez espiñocho (*Gasterosteus aculeatus*) y sus hábitats, en el humedal costero de Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, como línea base para generar una propuesta de conservación de esta especie amenazada por las actividades antropogénicas en áreas contiguas.

## Específicos

1. Caracterizar la abundancia y estructura poblacional histórica y actual de la población del pez espinucho, en el único humedal costero donde aún prevalece la especie en México.
2. Determinar el patrón del paisaje actual, las amenazas y los procesos que permiten la presencia de esta población remanente en el sitio de estudio.
3. Generar recomendaciones para una propuesta de conservación para la población remanente del pez espinucho y sus hábitats, en el humedal motivo de estudio.

## ANTECEDENTES

### Descripción

El pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*, Linneaus, 1758) es un pez pequeño de la familia Gasterosteidae menor de 60 mm de longitud total, posee ojos grandes, boca en posición dorso-terminal, cuerpo comprimido y armado con hasta 6 placas óseas, pedúnculo caudal angosto y dorso con 3 espinas (2 grandes y 1 pequeña) afiladas anteriores a la aleta dorsal de radios suaves. En su etapa adulta presentan una coloración verde olivo, el vientre es color blanquecino y sus aletas incoloras (Figura 1; Ruiz-Campos y Varela-Romero, 2016). En la parte más austral de su distribución en Norteamérica, los individuos son sexualmente activos de noviembre a abril, y juveniles recién transformados son observados de noviembre a mayo (más frecuente entre marzo y mayo). Las hembras llegan a producir hasta 150 huevos por desove (Ruiz Campos *et al.*, 2000).

Tres morfotipos son reconocidos en su distribución en la vertiente Pacífico de Norteamérica, el parcialmente armado confinado a ambientes dulceacuícolas y salobres (Figura 1), el completamente armado (Figura 2) de ambientes marinos, y el desprovisto de placas (Figura 3) que es confinado a la región central y sur de California, EE.UU. (Bell y Foster, 1994). El morfotipo que habita en los arroyos costeros del noroeste de Baja California, es el parcialmente armado (Figura 1; Ruiz-

Campos y Varela-Romero, 2016) que establece poblaciones en ambientes salobres y dulceacuícolas.

La dieta del pez espinucho incluye presas pelágicas y bénticas, las presas pelágicas más consumidas son hemípteros, copépodos y ostrácodos; por otro lado, las presas bénticas que más consumen son poliquetos, gasterópodos y larvas de quironómidos. La dieta varía estacionalmente, especialmente entre las temporadas de lluvias y sequía, además por sexo y disponibilidad de las presas en el ambiente (Sánchez-González et al., 2001; Valenzuela-López y Ruiz-Campos, 2020).

### Distribución geográfica

Es una especie holártica cuya distribución conocida abarca desde el Estrecho de Bering en Alaska, hasta el Río El Rosario, Baja California, México (Follett, 1960; Bell y Foster, 1994). En Baja California se distribuía históricamente en 11 humedales de agua dulce a salobre, de norte a sur, como son: manantial Agua Caliente, arroyos Gato Bronco, Cantamar, El Descanso, Guadalupe (La Misión), Santo Tomás, San Isidro, San Vicente, El Salado, Santo Domingo, y El Rosario (Follett, 1960; Miller y Hubbs, 1969; Ruiz-Campos *et al.* 2014) (Figura 4).

Ruiz-Campos *et al.* (2014) registraron la presencia del pez espinucho en solo tres humedales del noroeste de Baja California (Cantamar, Lagunita El Descanso, y El Rosario), pero en los últimos dos años la distribución se ha confinado a un solo humedal, la Lagunita El Descanso en el municipio de Rosarito (Figura 5; Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023).



Figura 1. Pez espinucho del morfotipo parcialmente armado.



Figura 2. Pez espinucho del morfotipo completamente armado



Figura 3. Pez espinucho del morfotipo desprovisto de placas

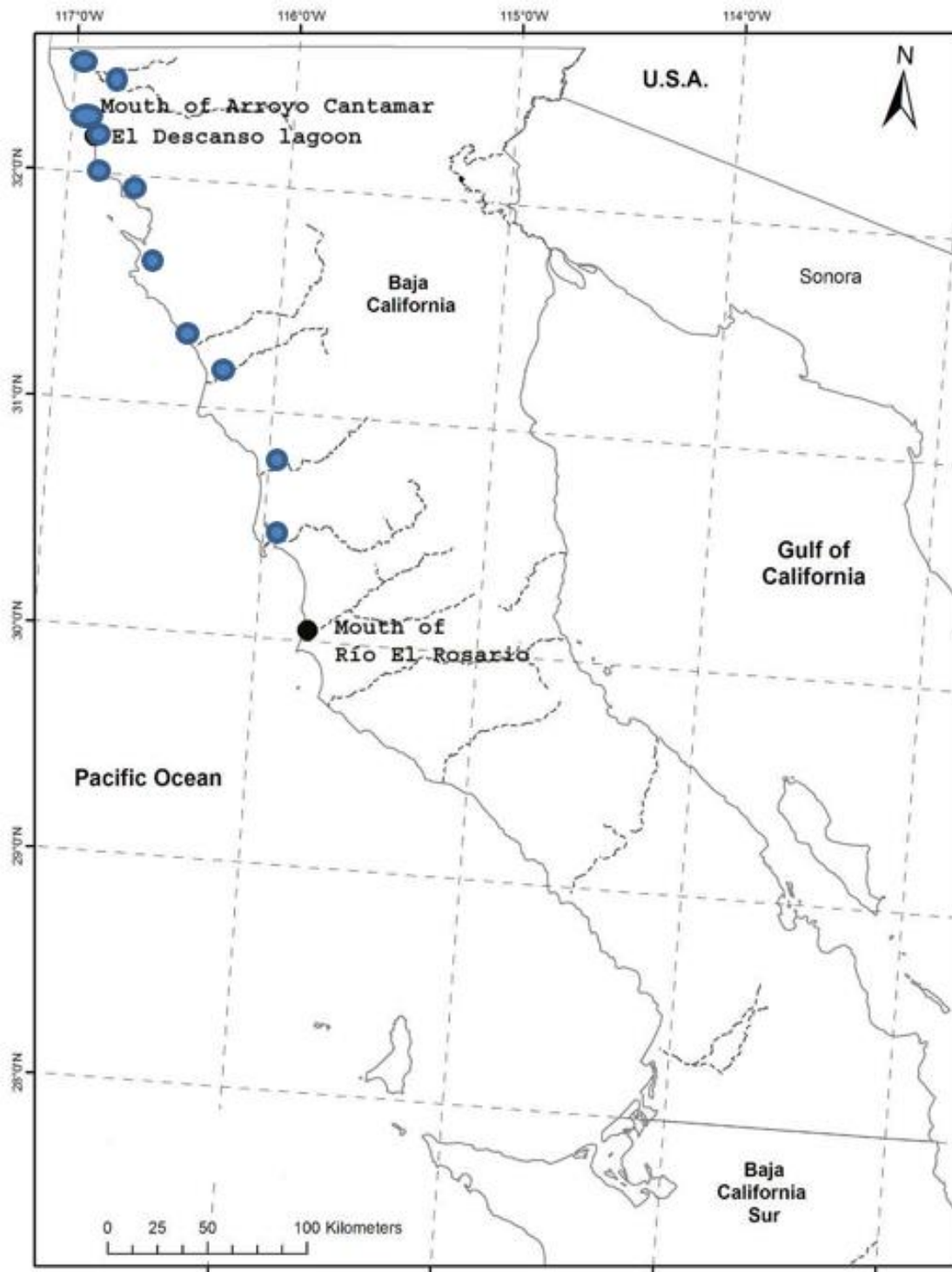


Figura 4. Registros históricos del pez espinocha (*Gasterosteus aculeatus*) en el noroeste de Baja California, México. (Fuente: Follett, 1969; Hubbs y Miller, 1969).

## Estatus de conservación

En Baja California a causa de las modificaciones y alteraciones que han sufrido los ecosistemas acuáticos por efecto del desarrollo humano y las actividades antropogénicas, tales como la contaminación, la introducción de ganado, asentamientos humanos, actividades turísticas, agrícolas, entre otros, son algunos de los factores que han afectado la integridad y funcionalidad de los humedales, así como la distribución y abundancia del pez espinucho. Históricamente esta especie había sido registrada en 11 sitios del noroeste de Baja California (Follett, 1960; Miller y Hubbs, 1969), y actualmente está confinada a una localidad. Esta reducción de su distribución es producto de diferentes factores antropogénicos que han cambiado la calidad y cantidad del hábitat para el pez espinucho. Por estos motivos, el estatus de conservación actual del pez espinucho se encuentra en la categoría de peligro de extinción por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

## Abundancia poblacional histórica

La abundancia estimada del pez espinucho mediante el método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en el río de El Rosario, Baja California, la localidad más sureña en la distribución de esta especie en Norteamérica, osciló de 0.11 a 3.8 individuos/trampa/hora en el periodo de noviembre de 2008 a junio de 2013 (Ruiz-Campos *et al.*, 2014). En los últimos monitoreos realizados para esta especie (2018-2020) confirman la virtual desaparición de la población en su localidad más austral (Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023).

Por otra parte, en abril de 1996 se registró por primera vez la presencia de esta especie en la Lagunita El Descanso, un humedal adyacente a la bocana del arroyo El Descanso en el municipio de Rosarito (Ruiz-Campos *et al.*, 2000). Desde entonces, más de una decena de muestreos realizados hasta el año 2022 confirman su presencia y abundancia actual en este humedal.

## Hábitat

Los humedales son zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos, los cuales pueden ser de agua dulce, salobre o salada, y todos ellos comparten tres características principales: presencia temporal o permanente de agua, suelos específicos y vegetación adaptada a condiciones húmedas o sumergidas (Ruiz-Campos *et al.*, 2005).

La diversidad taxonómica baja de especies ícticas en las aguas continentales del noroeste de Baja California ha sido atribuida a su discontinuidad paleo-hidrológica con la región del Sur de California, lo cual propició la nula dispersión de especies dulceacuícolas por vía hidrológica-tectónica (Follett, 1960), por lo que las especies presentes son en su mayoría de derivación marina (Ruiz-Campos, 2002; Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023).

Los humedales pequeños costeros en el noroeste de Baja California son de gran importancia ecosistémica ya que son productores primarios y secundarios, además son áreas de refugio, alimentación, reproducción o descanso para diferentes especies de animales, especialmente peces (Ruiz-Campos *et al.*, 2000a, 200b), aves (Ruiz-Campos *et al.*, 2005) e invertebrados (Rivera-Campos, 2005).

El pez espinucho en Baja California se distribuye en las bocanas de arroyos costeros de la región noroeste o mediterránea, en hábitats con fondos areno-limoso, vegetación sumergida, y en los siguientes intervalos de variables fisicoquímicas: salinidad de 1 a 15 ‰, temperatura de 14.5 a 30.5°C, pH de 7.8 a 9.2, oxígeno disuelto de 2.1 a 14.6 g/l, y conductividad de 4.3 a 24.8 mS/cm (Ruiz-Campos *et al.*, 2000a, 2000b; Ruiz-Campos y Varela-Romero, 2016; Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023).



Figura 5. Distribución actual del pez espiñocho (*Gasterosteus aculeatus*) en el humedal costero de Lagunita El Descanso, municipio de Rosarito, Baja California, México.

A pesar de todos los servicios ambientales que ofrecen los humedales costeros pequeños, estos se han visto afectados directamente por las actividades antropogénicas como lo son la agricultura, el desarrollo habitacional, contaminación, pastoreo, descargas de aguas negras, asolvamiento; debido a todos estos factores se ha visto una fuerte reducción en las poblaciones del pez espinucho, así como de otras especies ícticas que habitan en humedales costeros.

La conservación de estos ecosistemas acuáticos en el noroeste de Baja California es de gran importancia debido que no solo afecta a los peces presentes en el humedal, sino que más especies se ven afectadas. Estos humedales funcionan como zonas de descanso y alimentación (“stopovers”) para aves migratorias que utilizan el corredor migratorio del Pacífico.

## Evaluación del paisaje

El paisaje se puede utilizar como un indicador ambiental, dado que el paisaje es una superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas que interactúan entre sí, que además toma en cuenta la geomorfología, el clima, la perturbación que los afecta, y la abundancia relativa de las especies de los ecosistemas combinados (Muñoz, 2004).

Aunque existe otro concepto de paisaje con un enfoque hacia lo visual, este considera más la capacidad de percepción del paisaje de un observador. La percepción del paisaje es un proceso que se compone de tres etapas consecutivas y cíclicas: (1) experiencia, (2) cognición, y (3) evaluación o preferencia. La experiencia del paisaje es individual debido a que cada persona tiene particularidades propias, es dinámica porque éstas varían por una nueva experiencia, y es fisiológica porque se adquiere a través de los sentidos, siendo lo visual lo más importante (Rivera et al., 2014).

La percepción de la escena es el factor de mayor importancia para la valoración del paisaje, así que inciden diversos factores para evaluar cómo la presencia de agua, la cubierta vegetal, la forma del terreno, suelo, roca, fauna, clima y actividad

antrópica. Los elementos fundamentales del paisaje visual son: la calidad del observador y los atributos propios del territorio. Este segundo enfoque es el más útil para los estudios de evaluación de paisaje que establecen su valor y permiten manejarlo y sacar el máximo provecho a sus potencialidades (Muñoz, 2004).

Tradicionalmente la ecología del paisaje ha sido utilizada casi exclusivamente a paisajes de tipo terrestres, aunque también se debe incluir y aplicarse en ambientes acuático-terrestre y acuáticos. Aunque las cualidades del medio acuático y terrestre son diferentes, los principios ecológicos funcionales no varían por lo que se pueden hacer generalizaciones y homologaciones.

## Imágenes aéreas

En los últimos años los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT's) o Drones, se han estado utilizando en diversos ámbitos dentro de los trabajos de conservación y manejo de especies de vida silvestre, en las cuales se requiere de monitoreo para conocer su estatus, así como las posibles causas que pudieran afectarlas, como cambios en el hábitat debido a la fragmentación, agricultura, ganadería, introducción de especies exóticas, etc. (Mandujano et al., 2017).

Un dron es un vehículo aéreo reusable, el cual es controlado de manera remota, puede ser semiautónomo o autónomo, está acondicionado para llevar dispositivos auxiliares para actividades de monitoreo o control. Los drones presentan varias ventajas con respecto al uso de los vehículos tripulados o los satélites, como tener acceso a zonas de orografía complicada a baja altura y obtener imágenes de alta resolución en tiempo real a muy bajo costo (Ojeda-Bustamante *et al.*, 2017).

Los drones están formados por dos partes: un vehículo aéreo y una estación de control en tierra. El dron propulsado por un motor está integrado con distintos sistemas que permiten enviar información hacia la estación de control (telemetría) o recibir órdenes. La estación de control en tierra incluye un ordenador donde se programan y se realizan todas las operaciones del vuelo y los sistemas para enviar y recibir información del dron (Mandujano *et al.*, 2017).

## Área de estudio

El área de estudio donde se localiza la población remanente del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) es la Lagunita El Descanso, un humedal adyacente a la bocana del Arroyo El Descanso, en el municipio de Rosarito, Baja California, México (Figura 6). Este humedal está ubicado en las coordenadas 32°12'16.5" de latitud norte, y 116° 54' 46.6" de longitud oeste (Ruiz-Campos et al, 2002).

El Arroyo El Descanso nace de la Sierra de Juárez (Rivera-Campos, 2006), y en las proximidades a su desembocadura en el Océano Pacífico, se forma una laguna lateral, conocida como Lagunita El Descanso (Figura 7).

Este humedal es permanente y se encuentra aislado del mar debido a la formación de una barra arenosa y canto rodado en la desembocadura del arroyo. En temporadas en que la marea es más alta (invierno), la lagunita recibe influjos pleamares que generan condiciones salobres en el sistema (Ruiz-Campos, 2002).

La Lagunita El Descanso presenta un fondo areno-limoso, la vegetación en el margen del humedal con influencia marina ésta compuesta por plantas halófitas como salicornia (*Salicornia bigelovii*), junco espinoso (*Juncus acutus*) y pasto salado (*Distichlis spicata*). En la zona de los bancos destacan macrófitas emergentes como el tule (*Typha domingensis*) y el junco (*Schoenoplectus californicus*) (Ruiz-Campos, 2002).



Figura 6. Ubicación geográfica del humedal costero remanente de Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México.



Figura 7.. Detalle del sitio de estudio: Lagunita El Descanso, adyacente a la bocana del Arroyo El Descanso, Rosarito, Baja California, México. Fotografía G. Ruiz-Campos.

## METODOLOGÍA

En la elaboración de la presente propuesta para el plan de conservación de la población remanente del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en la Lagunita El Descanso, se evaluó de manera comparativa (histórica y actual) la abundancia y estructura poblacional de esta especie y su hábitat, así como diferentes aspectos paisajísticos y los riesgos que pudieran impactar a este pez y el humedal, utilizando para ello la metodología de análisis de amenazas.

### Caracterización del hábitat y abundancia poblacional

Para caracterizar el hábitat del pez espinucho en la Lagunita El Descanso se evaluaron diferentes variables ambientales del ecosistema del humedal de estudio. Para ello, se identificó la vegetación de los bancos o ribereña y la adyacente que se encontró dentro del área de influencia del humedal. Las variables fisicoquímicas del agua fueron medidas “*in situ*” en diferentes puntos de la lagunita con un equipo multianalizador *Hydrolab Scout 2*. Las variables fisicoquímicas medidas fueron: oxígeno disuelto (mg/l), temperatura (°C), potencial de iones hidrógeno (pH), porcentaje de saturación de oxígeno (%), salinidad (‰) y conductividad (mS/cm).

También se tomaron las medidas de las dimensiones del espejo de agua de la lagunita a fin de compararlas con las mediciones anteriores de este mismo vaso lacustre, y determinar cambios alocrónicos en la superficie de inundación. Se midió la longitud máxima y la anchura del vaso a intervalos de 20 m.

Para evaluar el estado actual de la abundancia del pez espinucho en el sitio de estudio, se realizaron tres muestreos recientes (29 febrero 2020, 14 noviembre 2020, y 29 abril 2022) con el propósito de comparar la abundancia y estructura poblacional del pez espinucho con siete muestreos previos realizados entre abril de 1996 y mayo de 2018. Todos los muestreos realizados tanto previos como recientes fueron estandarizados para fines de comparación, expresando la abundancia del pez espinucho como captura por unidad de esfuerzo (CPUE). En cada evento de muestreo se utilizaron 10 trampas tipo “minnow”, cada una con una dimensión de

41 cm de largo x 23 cm de ancho, y con una apertura de embudo de 3.8 cm (Figura 7). Las trampas fueron colocadas de manera equidistante tratando de cubrir la zona litoral alrededor del cuerpo de agua. Las trampas fueron cebadas con malvaviscos, ya que este funciona como atrayente visual y olfativo. Estas trampas se colocaron en zonas someras y con vegetación adyacente, en el ocaso del sol, y se dejaron aproximadamente de 12-20 horas (Figura 8).

Los organismos ícticos recién capturados en cada trampa fueron mantenidos vivos en una cubeta con agua obtenida *in situ* para realizar el conteo, la medición de la longitud total y la identificación del sexo. La longitud total (LT) de cada individuo fue medida con un vernier (precisión de 0.01 mm). Una vez finalizada la medición y sexado de los individuos en cada trampa se devolvieron al sitio original de la captura, todo ello para no afectar su abundancia local (Figura 9).

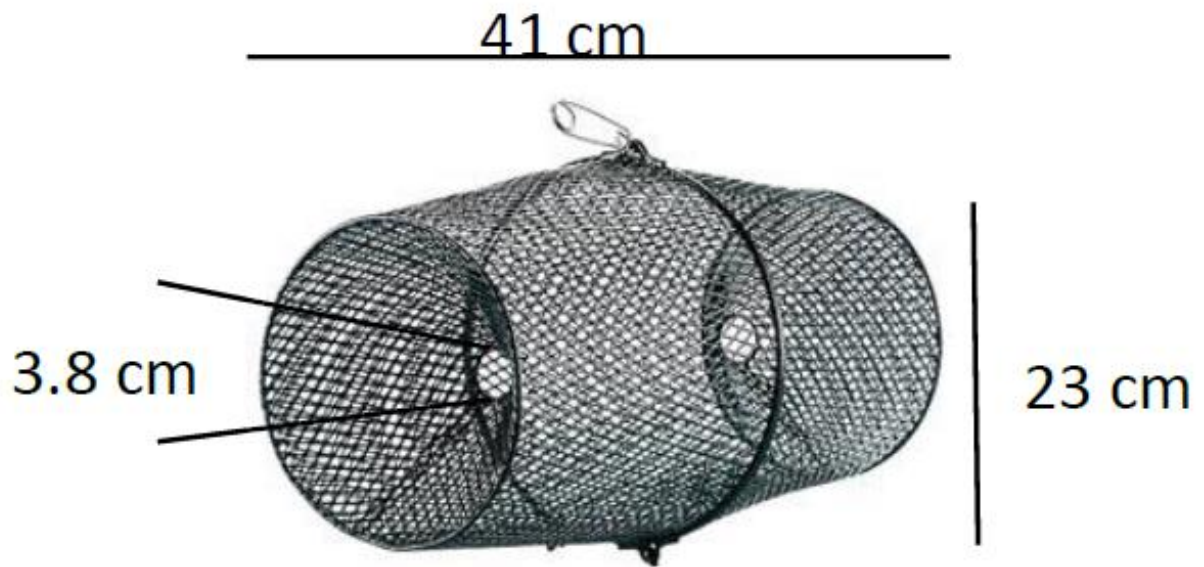


Figura 8. Trampas tipo “minnow” utilizadas para la captura del pez espinucho en la lagunita El Descanso, con sus respectivas medidas.

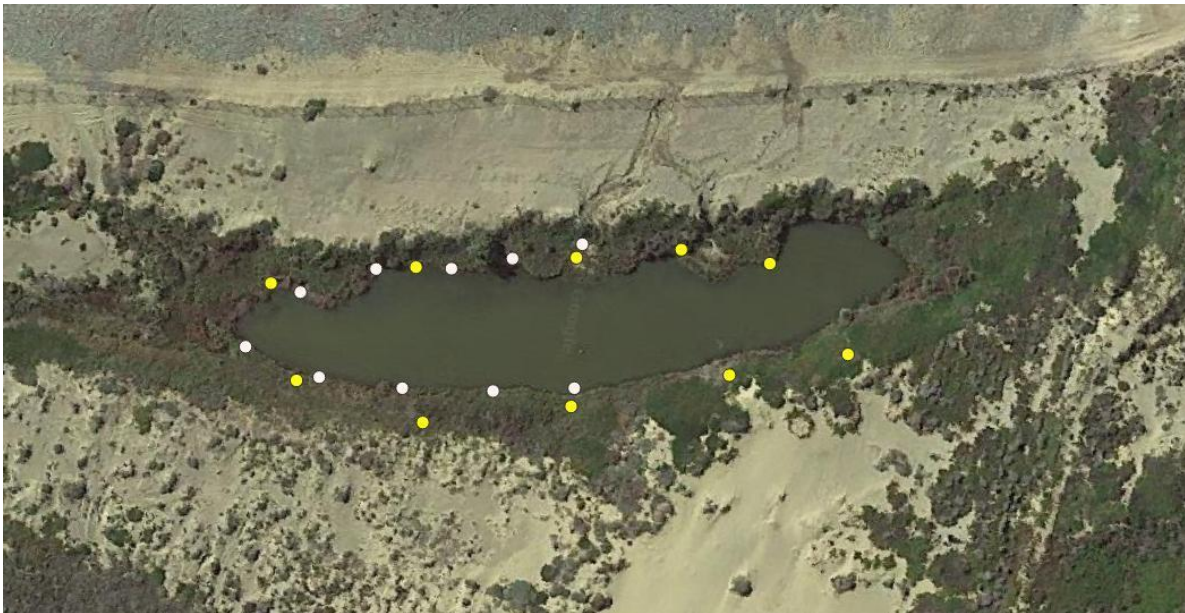


Figura 9. Posición de colocación de las trampas en cada evento de muestreo reciente. Los círculos blancos representan el evento de muestreo de 29 febrero 2020 y los círculos amarillos el segundo y tercer evento de muestreo (14 noviembre 2020 y 29 abril 2022).

## Análisis de datos

Los datos obtenidos en los muestreos de peces y el análisis de hábitat se incorporaron a una base de datos en Excel. La abundancia del pez espiñocho fue expresada como captura por unidad de esfuerzo (CPUE), la cual consiste en estandarizar la abundancia en función del esfuerzo. Este procedimiento ofrece una buena información de la abundancia relativa de la especie (Pauly, 1982) y constituye la mejor estimación cuando no es posible conocer la densidad absoluta de una determinada población (Nielsen, 1983).

El número total de individuos capturados en el total de trampas colocadas durante el tiempo que permanecieron en operación permitió estimar la CPUE como número de individuos capturados/trampa/hora. Esta estandarización faculta comparar las abundancias del pez entre eventos de muestreo (Ruiz-Campos et al., 2006).

La estructura de talla de la población total del pez espiñocho en cada evento de muestreo fue graficada en un histograma de frecuencia de tallas observadas, utilizando un ancho de clase de 3 mm.

La estimación de las clases de edad de la población del pez espiñocho durante los eventos de muestreo de febrero de 2020 y noviembre de 2020, fue generada con el método polimodal de Bhattacharyas, el cual analiza la distribución observada de la longitud total con un ancho de clase de 3 mm y que permite separar las sobreposiciones de las distribuciones normales y ayuda a interpretar los histogramas de que se dispone. Este análisis fue desarrollado mediante el programa FISAT-II (Gayanilo et al., 2005).

Para fines comparativos en la estructura poblacional por tallas del pez espiñocho en el área de estudio, se contrastó gráficamente la distribución de tallas observadas en muestreos históricos (1996-2011; fuente: Sánchez-González et al., 2001; Ruiz-Campos, 2002; Ruiz-Campos et al., 2014) y recientes (2020-2022).

## Evaluación espacial de hábitat

Para evaluar la heterogeneidad del hábitat en el humedal donde ocurre el pez espinucho, se obtuvieron imágenes recientes ex profeso del sitio de estudio con el uso de un dron, además de complementarse con imágenes previas de tipo satelital vía Google Earth y Lansat (Rivera-Campos, 2005) para determinar los cambios en las coberturas de vegetación tanto halófila como ribereña. Con el uso de sistemas de información geográfica vía programa Quantum GIS se confeccionaron los mapas de distribución de los hábitats en el humedal. Las imágenes aéreas del sitio del humedal de estudio se tomaron con la ayuda de un dron semiautónomo, utilizando la aplicación de DJI GO 4 para la operación de este, el cual permitía direccionar el vehículo aéreo y tomar las fotografías y videos (Figura 10). Los vuelos se realizaron al amanecer y antes del atardecer para reducir el efecto de la reflectancia de la luz solar.



Figura 10. Utilización del dron como una herramienta de apoyo para la evaluación del paisaje y amenazas en el humedal de estudio, durante los muestreos recientes de 2020 a 2022.

## Evaluación del paisaje

Para la evaluación del paisaje en el área de estudio se utilizó un dron DJI Phantom 4 para la obtención de imágenes aéreas. Esta evaluación aérea se complementó con datos de la vegetación presente e imágenes satelitales históricas (Rivera-Campos, 2005) y fotográficas recientes (archivos del Dr. Gorgonio Ruiz Campos) del sitio de estudio. Mediante esta comparación alocrónica se evaluó el cambio en la estructura del paisaje y el cambio de uso de suelo a través del tiempo, como una evidencia de las amenazas e impactos que ha sufrido el humedal por las actividades antrópicas.

## Análisis de amenazas

Para realizar este análisis se aplicó la metodología propuesta por The Nature Conservancy para la planificación de conservación en sitios. Esta se basa en identificar los objetos de conservación, los impactos y sus fuentes, así como el desarrollo de estrategias de conservación para mitigar los impactos y sus fuentes (Andrade et al., 1999; Meza-Matty, 2017)

Para identificar los impactos y sus fuentes se realizó una matriz numérica con coeficientes de ponderación, la cual permitió priorizar las amenazas. Esta ponderación se clasificó en cuatro categorías: Muy alto (4), Alto (3), Medio (2), y Bajo (0.5). Cabe destacar que cada categoría es doblemente más importante que la inmediatamente inferior (Andrade et al., 1999).

En la construcción de la matriz, primeramente, se evaluó el objeto de conservación el cual se clasificó en cuatro atributos con sus respectivos criterios. A) Contribución al macroecosistema: es la importancia para el sistema global, donde un valor de 4 es muy Importante, 2 es una contribución importante, 1 es poca contribución y 0.5 equivale a casi ninguna contribución. B) Rareza: nos indica la presencia de especies o grupos de especies en peligro de extinción o amenazadas en la legislación nacional, donde 4 equivale a En Peligro de Extinción, 2 se encuentra Amenazada, 1 es Vulnerable y 0.5 se encuentra Indeterminada. C) Calidad: se toma en cuenta

el estado de conservación del sistema, en el cual se asigna el 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 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. D) Valor como herramienta o carisma: en este se toma el valor potencial económico, político, ecoturístico y/o educacional en decisiones de conservación, donde 4 es muy importante o potencialmente importante, 2 es útil o potencialmente útil, 1 es de valor limitado y 0.5 de escaso valor. El valor para el objeto de conservación es obtenido promediando la puntuación de cada atributo (Andrade et al., 1999).

Posteriormente fueron evaluados los impactos haciendo uso de las perspectivas de severidad y alcance con los siguientes criterios: A) Severidad: se refiere a que está causando el impacto, donde 4 se refiere a la destrucción o eliminación de ese sistema, 2 es la degradación seria de ese ecosistema, 1 es alguna degradación del sistema y 0.5 el cual es un deterioro leve del sistema. B) Alcance: evalúa que es lo que está afectando el impacto, donde 4 es todo el sistema, 2 es buena parte del sistema, 1 algunas partes del sistema y 0.5 son partes pequeñas o aisladas del sistema. El valor de los impactos se obtiene promediando estos dos atributos (Andrade et al., 1999).

Por último, las puntuaciones de las fuentes. Se asignan valores a cada fuente dependiendo de las condiciones actuales y futuras, estas puntuaciones se realizan con base a los siguientes criterios: A) Contribución actual: para un impacto dado, 4 es la principal causa de este impacto, 2 es una causa adicional importante de este impacto, 1 es una causa menor de este impacto y 0.5 será una causa irrelevante de este impacto. B) Contribución futura: para una causa a mediano plazo, 4 será la causa principal de este impacto, 2 es una causa adicional e importante de este impacto, 1 será una causa menor de este impacto y 0.5 no contribuirá en forma significativa a este impacto. El valor de la fuente se obtuvo del promedio entre las contribuciones actuales y futuras (Andrade et al., 1999).

## Actores principales y análisis FODA

Se realizó una matriz de clasificación de los actores potenciales para el manejo del área de estudio, de acuerdo con Sorensen et al. (1992) y Meza-Matty (2017), clasificaron los actores potenciales como locales, regionales, nacionales e internacionales, siendo estos actores funcionarios públicos, sector privado, comunidad científica, OSC's y vecinos.

También se generó un análisis FODA para identificar a nivel sistema cuales son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, donde las fortalezas son las características que proporcionan calidad al sistema, las oportunidades son situaciones favorables para que el sistema se mantenga o mejore, las debilidades son características que afectan o mantiene una escasa calidad al sistema y las amenazas son acciones que probablemente dañen la calidad del sistema e incluso su desaparición.

Por último, se utilizaron los resultados obtenidos del análisis FODA para realizar las propuestas de manejo a nivel sistema (Meza-Matty, 2017).

## RESULTADOS

### Parámetros fisicoquímicos del agua

Los valores promedios obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del agua en la localidad de muestreo Lagunita El Descanso, basados en registros entre 1996 y 2022, se ofrecen en la tabla I.

El valor de temperatura más alto registrado fue de 30.5°C, el 21 de agosto de 1996, mientras que la temperatura más baja de 16.8°C se registró el 14 de noviembre del 2020.

Por su parte, la salinidad osciló entre fechas de muestreo de 2.5 ‰ (14 noviembre 2020) a 11.3‰ (21 agosto 1996), con una tendencia a menores valores de salinidad en los últimos tres muestreos (Figura 11).

Comparando los valores del potencial de hidrógeno (pH) entre fechas de muestreo (abril de 1996 a abril de 2022), con excepción del valor de pH de 11.7 registrado el 26 de junio de 2013, los valores de este parámetro se mantuvieron entre 8.14 y 9.90 (Tabla I).

A nivel de total de sólidos disueltos (TDS) entre eventos de muestreo (abril de 1996 a abril de 2022), el ámbito de variación de este parámetro fisicoquímico fue 2.93 g/l (14 de noviembre de 2020) a 12.2 g/l (21 de agosto de 1996) (Tabla I).

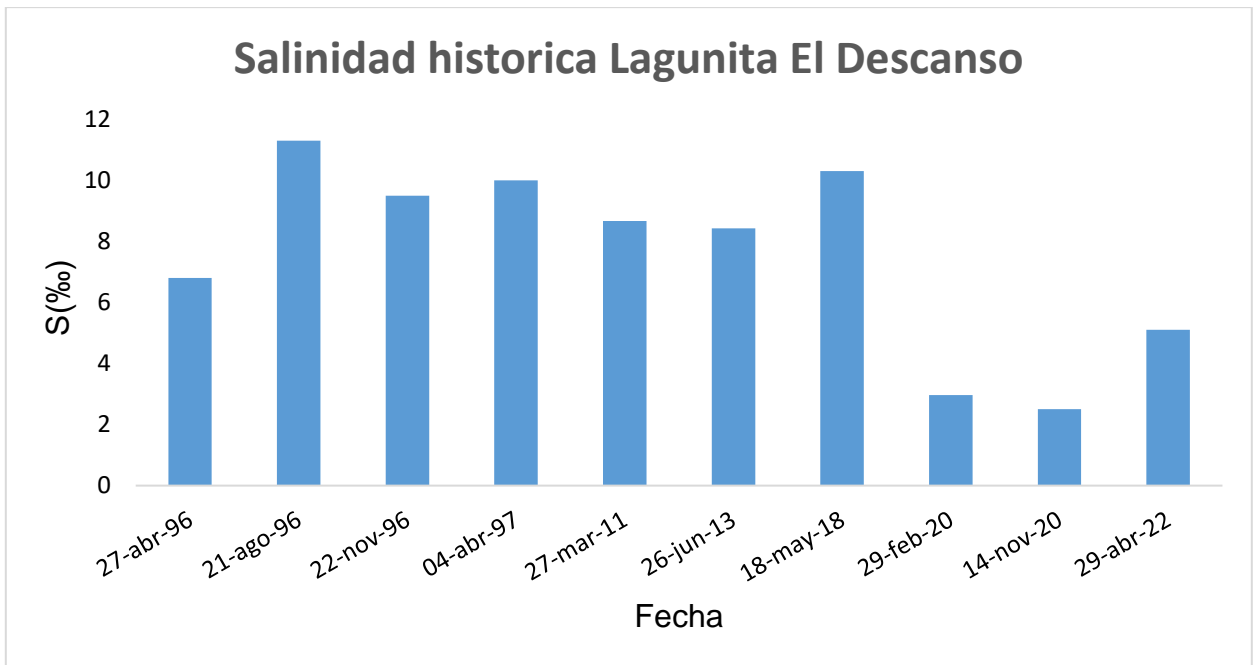


Figura 11. Salinidad promedio histórica y actual registrada en la Lagunita Adyacente El Descanso, Rosarito, Baja California, México.

Tabla I. Valores promedio de las variables fisicoquímicas obtenidas en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante 1996-2022.

Fecha	Sitio	Hora	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	pH	TDS (g/l)	S (‰)	Desv. Std. S(‰)	O2 (mg/l)
27-abr-96	Lagunita el Descanso	12:10	23.95	12.04	8.4	7.05	6.8	-	4.78
21-ago-96	Lagunita el Descanso	13:33	30.5	19.1	9.13	12.2	11.3	-	-
22-nov-96	Lagunita el Descanso	12:14	18.39	16.31	9.13	10.41	9.5	-	3.04
04-abr-97	Lagunita el Descanso	13:00	18.52	17.09	8.85	10.96	10	-	10.57
27-mar-11	Lagunita el Descanso	9:12	17.40	14.89	8.14	9.56	8.67	0.15	-
26-jun-13	Lagunita el Descanso	15:16	28.45	14.55	11.72	9.32	8.43	0.12	-
18-may-18	Lagunita el Descanso	11:55	24.54	17.5	9.9	11.2	10.3	-	-
29-feb-20	Lagunita el Descanso	17:42	18.92	5.43	9.27	3.48	2.97	0.06	-
14-nov-20	Lagunita el Descanso	13:14	16.80	4.57	8.36	2.93	2.50	0.08	5.15
29-abr-22	Lagunita el Descanso	12:52	24.16	9.14	9.14	9.13	5.1	-	

## Ictiofauna registrada

Los peces que han sido registradas en la Lagunita El Descanso basado en muestreos efectuados entre abril de 1996 y abril de 2022 son tres especies nativas (*Gasterosteus aculeatus*, *Fundulus parvipinnis parvipinnis* y *Mugil cephalus*) y dos especies exóticas (*Gambusia affinis* y *Lepomis cyanellus*) (Tabla II). En los últimos tres eventos de muestreo (2020-2022) con el uso de trampas tipo “minnow” solo se ha capturado *Gasterosteus aculeatus*, *Fundulus parvipinnis* y *Gambusia affinis*.

## Abundancia relativa y estructura poblacional del pez espinucho

### Período 1996-2011

En la Lagunita El Descanso se capturó un total de 716 individuos en el periodo de abril de 1996 a marzo de 2011 (Tabla III), donde la menor captura (n= 19) ocurrió en diciembre de 1996 y la mayor captura (n= 327) en marzo de 2011.

La distribución de frecuencias de tallas de la población del pez espinucho durante el periodo de 1996-2011 se ilustra en la Figura 12. La mayor representación de tallas se registró en mayo de 1997 y marzo de 2011 con 10 clases cada uno.

### Período 2020-2022

En la lagunita El Descanso se capturó un total de 744 individuos del pez espinucho durante los tres más recientes eventos de muestreo efectuados entre 2020 y 2022. A nivel de sexo, 546 fueron hembras, 166 machos y 32 juveniles (Tabla IV). El porcentaje de sexos en la población reciente es 74% hembras, 22% machos y 4% juveniles.

Tabla II. Especies ícticas registradas histórica y actualmente en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México (1996-2022).

<b>Registros históricos (1996-2017)</b>	<b>Actual (2018-2022)</b>
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
<i>Fundulus parvipinnis parvipinnis</i>	<i>Fundulus parvipinnis parvipinnis</i>
<i>Mugil cephalus</i>	<i>Gambusia affinis</i>
<i>Gambusia affinis</i>	
<i>Lepomis cyanellus</i>	

Tabla III. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) previa (P) y reciente (R) del pez espinucho en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2022.

	<b>Fecha</b>	<b>Número de organismos</b>	<b>Trampas</b>	<b>Horas</b>	<b>CPUE Ind/trampa/hora</b>
<b>P</b>	21/08/1996	89	10	21.03	0.42
<b>P</b>	22/06/1996	113	10	19.35	0.58
<b>P</b>	17/12/1996	19	10	21.03	0.09
<b>P</b>	29/01/1997	22	10	21.03	0.10
<b>P</b>	05/03/1997	23	10	15	0.15
<b>P</b>	04/04/1997	33	10	15	0.22
<b>P</b>	09/05/1997	90	10	15	0.60
<b>P</b>	27/03/2011	327	8	21.05	1.94
<b>R</b>	29/02/2020	494	10	15.19	3.25

Tabla IV. Número de individuos capturados de; pez espinucho *Gasterosteus aculeatus* por sexo y evento de muestro en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante los tres muestreos más recientes (2020-2022).

Fecha	Hembras	Machos	Juveniles	Total
08-feb-2020	433	61	0	494
14-nov-2020	96	79	30	205
29-abr-2022	17	26	2	45
<b>Total</b>	546	166	32	744

22/06/1996

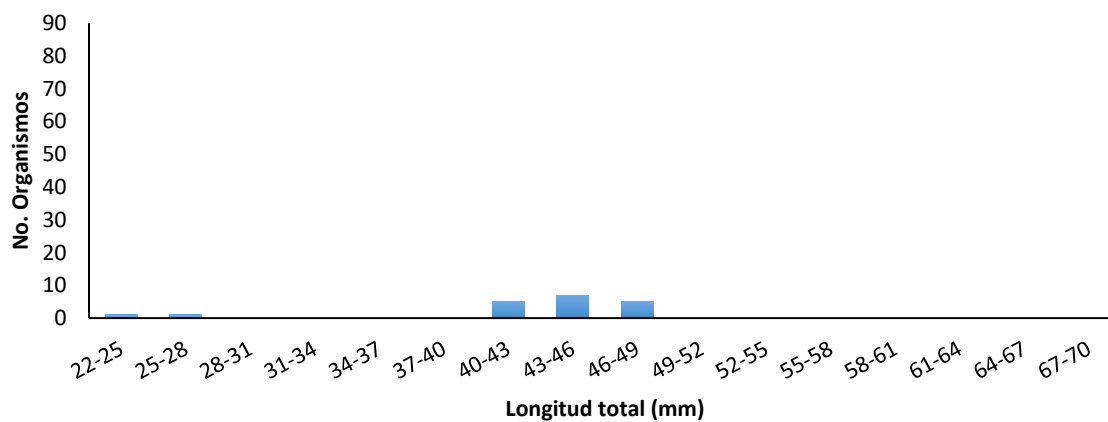
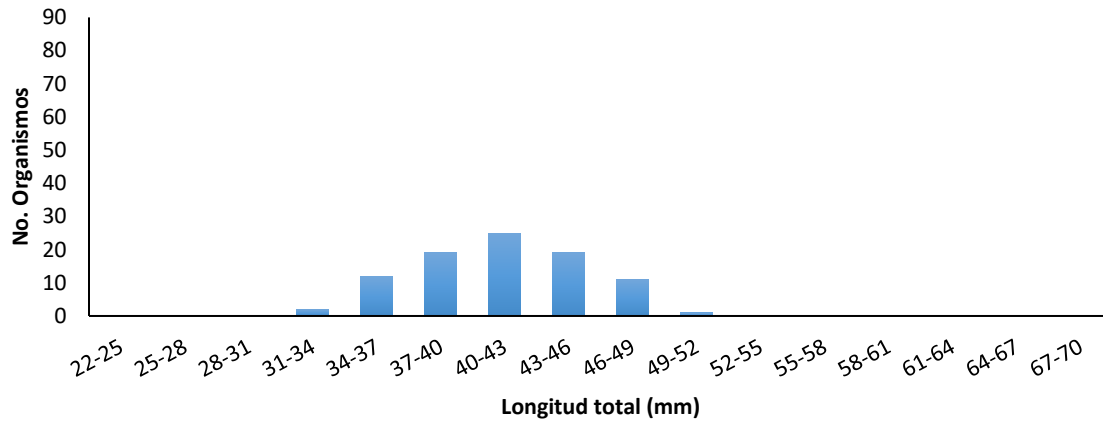


Figura 12. Distribución de frecuencia de tallas del pez espinucho *Gasterosteus aculeatus* en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, durante el periodo 1996-2011.

Figura 12 Continuación

**21/08/1996**



**17/12/1996**

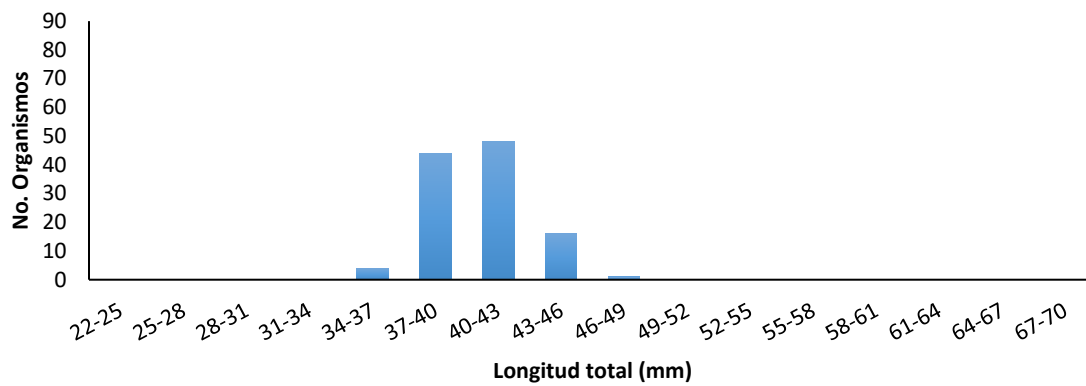
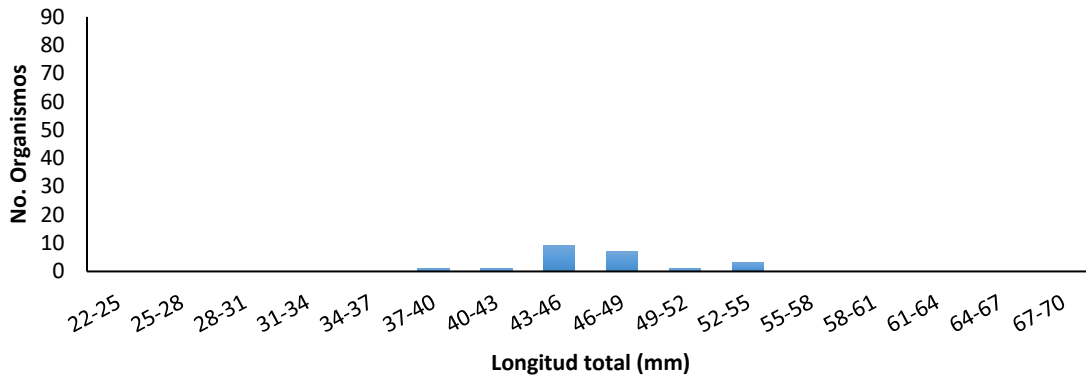
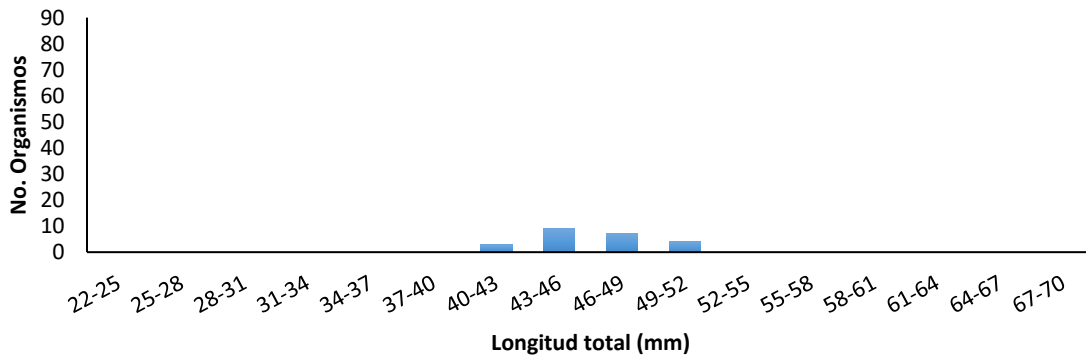


Figura 12 Continuación

**29/01/1997**



**05/03/1997**



**04/04/1997**

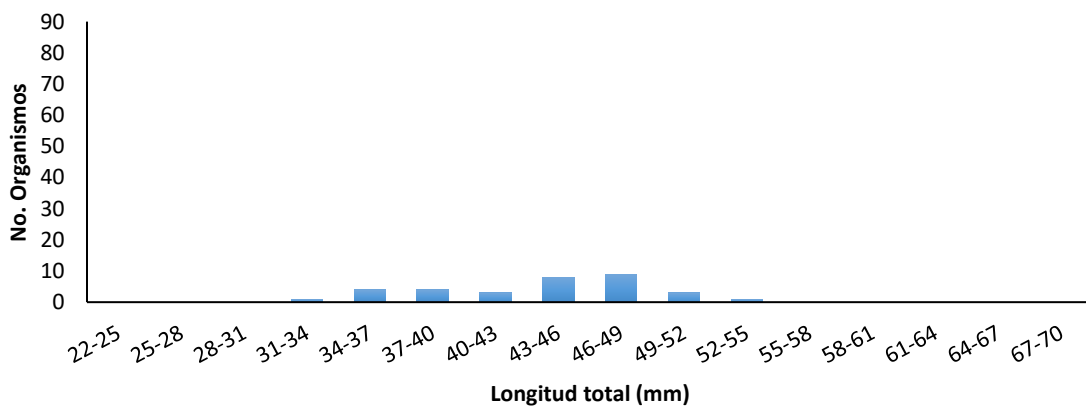
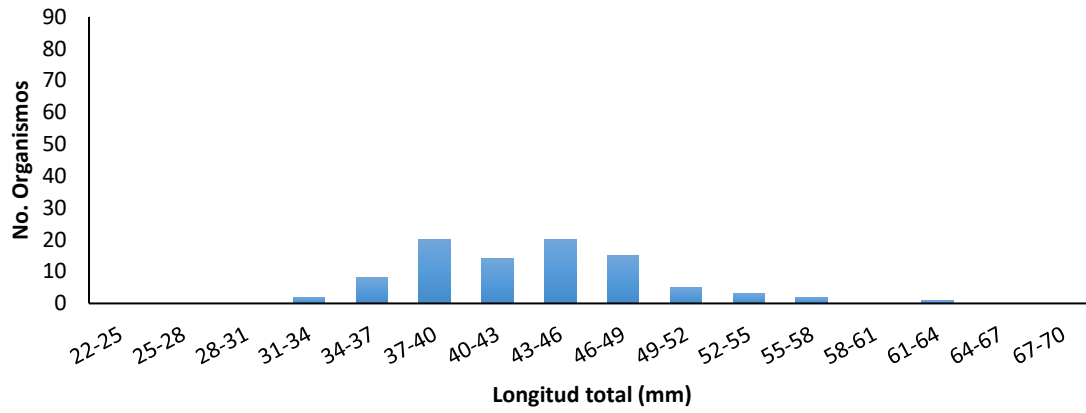
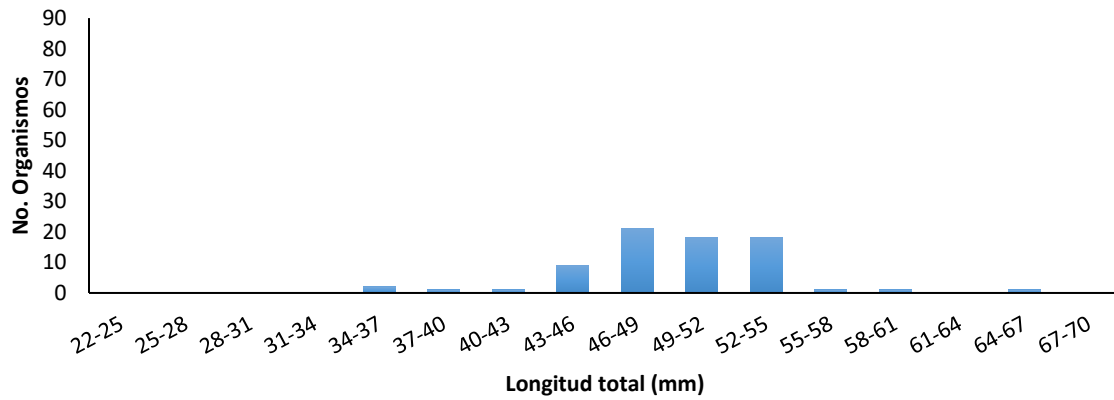


Figura 12 Continuación

**09/05/1997**



**27/03/2011**



La distribución de frecuencia de tallas del pez espinucho durante el periodo 2020-2022 se ilustra en la figura 13. En el muestreo de febrero de 2020, 13 clases de talla fueron registradas en la población, siendo las más frecuentes 46-49 mm y 49-53 mm. En noviembre de 2020, ocho clases de talla estuvieron representadas en la población, con una mayor frecuencia los individuos de 34-37mm y 37-40 mm. Finalmente en el muestreo de abril de 2022, seis clases de talla fueron representadas en la población, siendo más frecuente para los individuos de 49-52 mm y 52-55 mm.

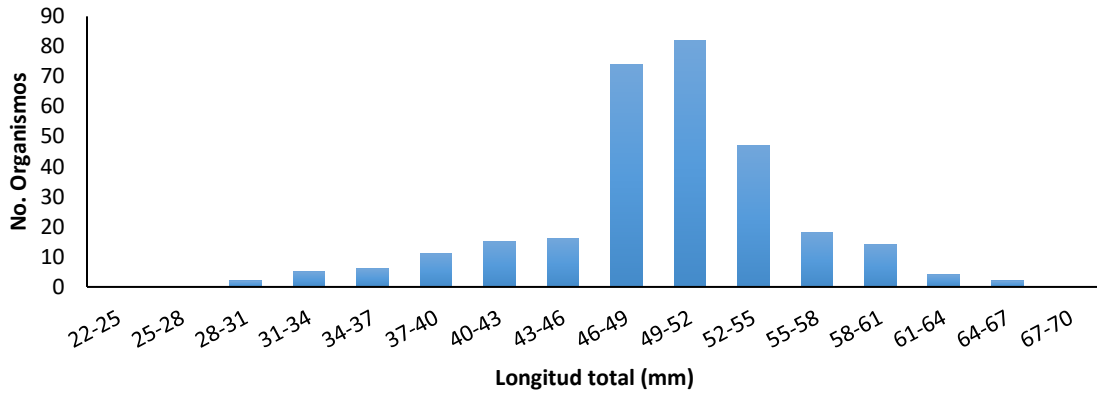
### Distribución de frecuencias de talla por sexo

El número de hembras capturadas en el muestreo realizado el 29 de febrero de 2020 fue mayor que los machos, teniendo una relación de sexos de 1 hembra: 0.14 machos, con un promedio de 49.47 mm en hembras y 47.23 mm en machos. La talla máxima de los machos fue 66 mm de longitud, mientras que en las hembras fue de 64.5 mm (Figura 14).

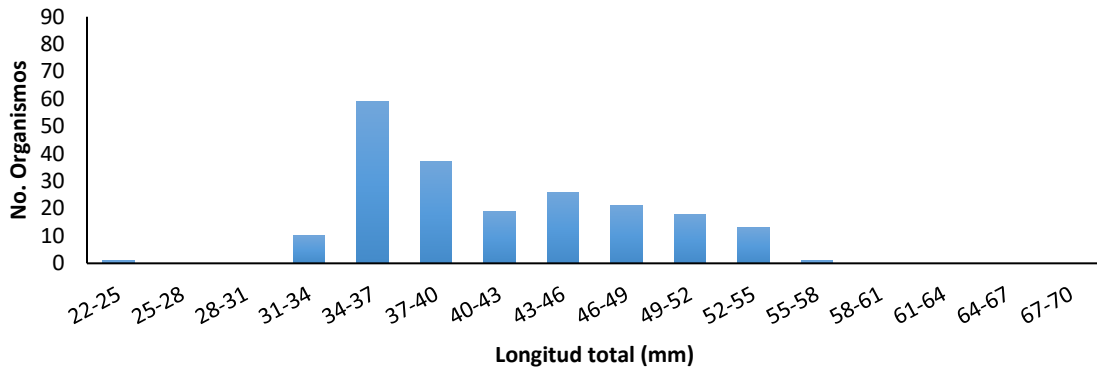
En el muestro realizado el 14 de noviembre de 2020 se obtuvo una relación sexual de 1 hembra: 0.82 machos, con una talla promedio de 41.98 mm en hembras y 42.75 mm para machos. La talla máxima de los machos fue 55.2 mm y en las hembras de 54.4 mm (Figura 15)

Por último, los resultados obtenidos del muestreo realizado el día 29 de abril de 2022 se obtuvo una relación sexual de 1 hembra: 1 macho, con una talla promedio superior en hembras de 51.03 mm, mientras que para machos fue de 50.56 mm. La talla máxima de las hembras fue 54.5 mm y en machos de 54.6 mm (Figura 16).

**29/02/2020**



**14/11/2020**



**29/04/2022**

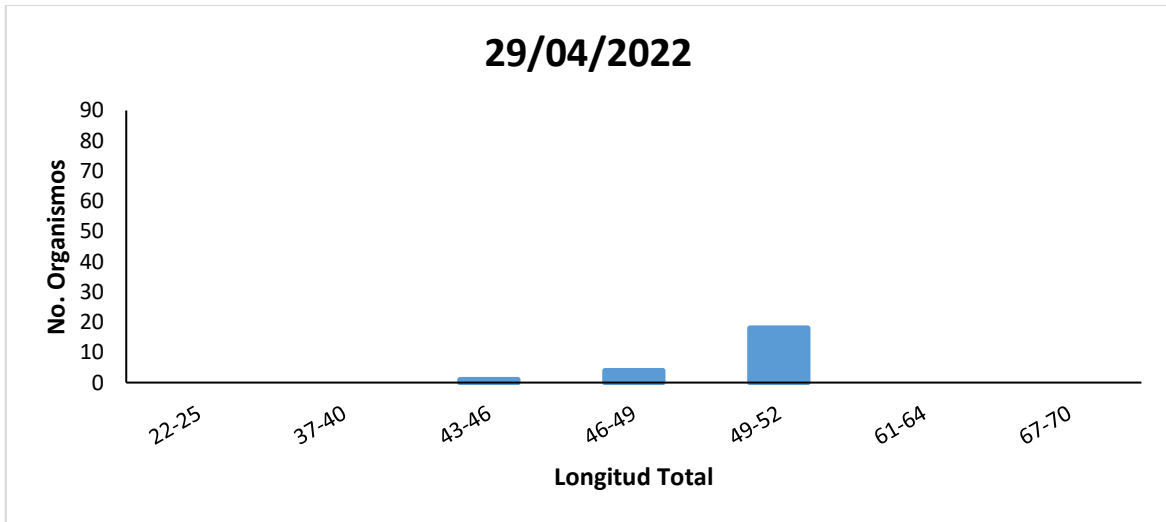


Figura 13. Distribución de frecuencia de tallas del pez espiñocho (*Gasterosteus aculeatus*) en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, durante el periodo 2020-2022.

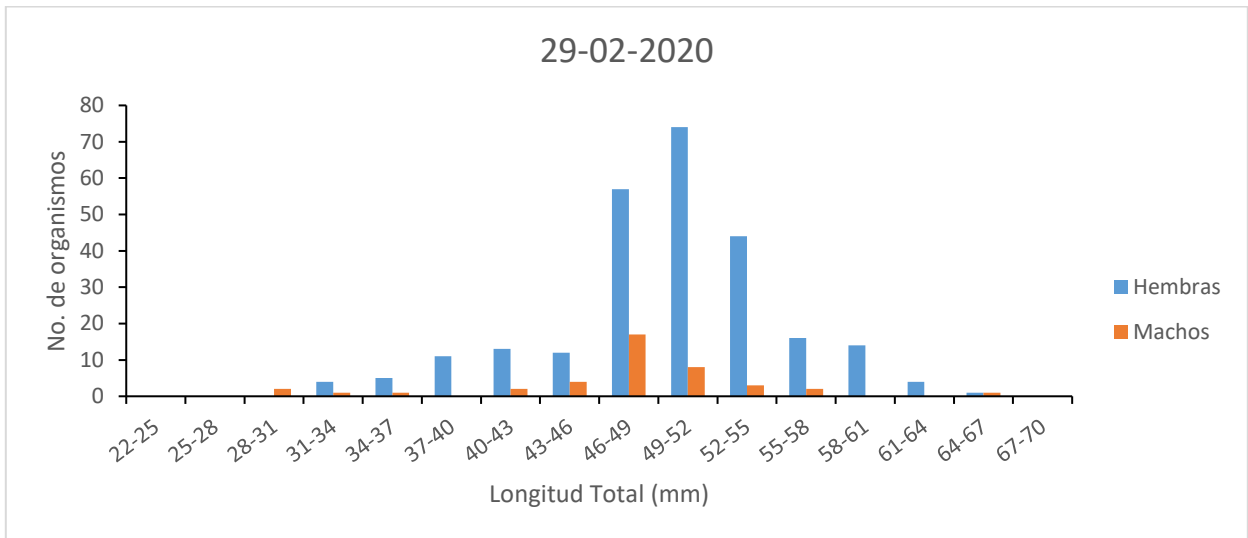


Figura 14. Distribución de tallas por sexo del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) durante el muestreo realizado el 29 de febrero del 2020.

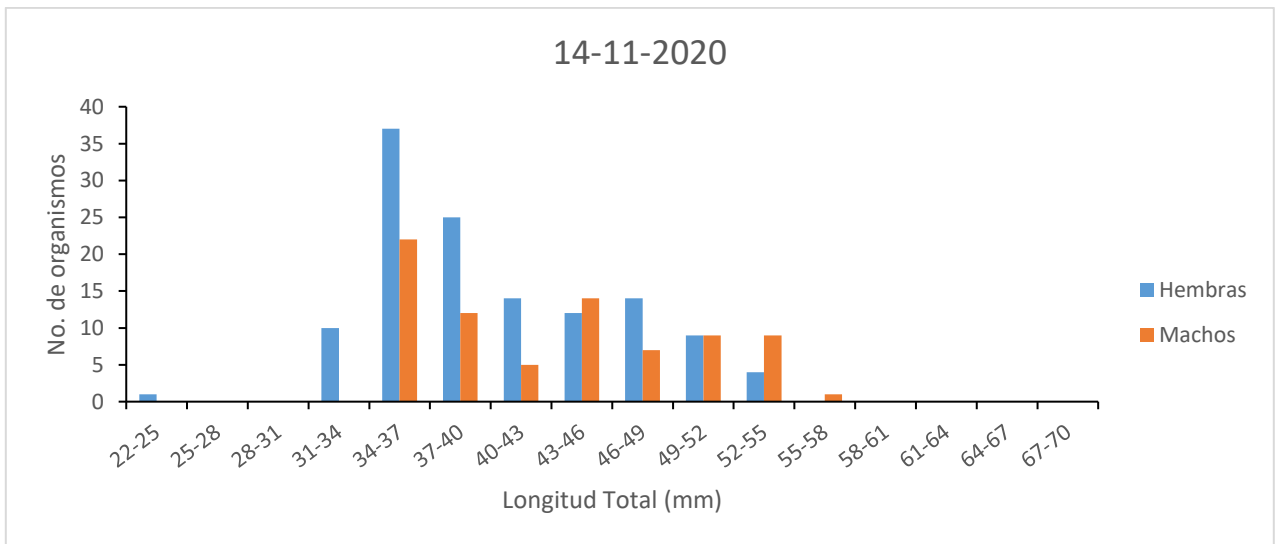


Figura 15. Distribución de tallas por sexo del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) durante el muestreo de 14 de noviembre de 2020.

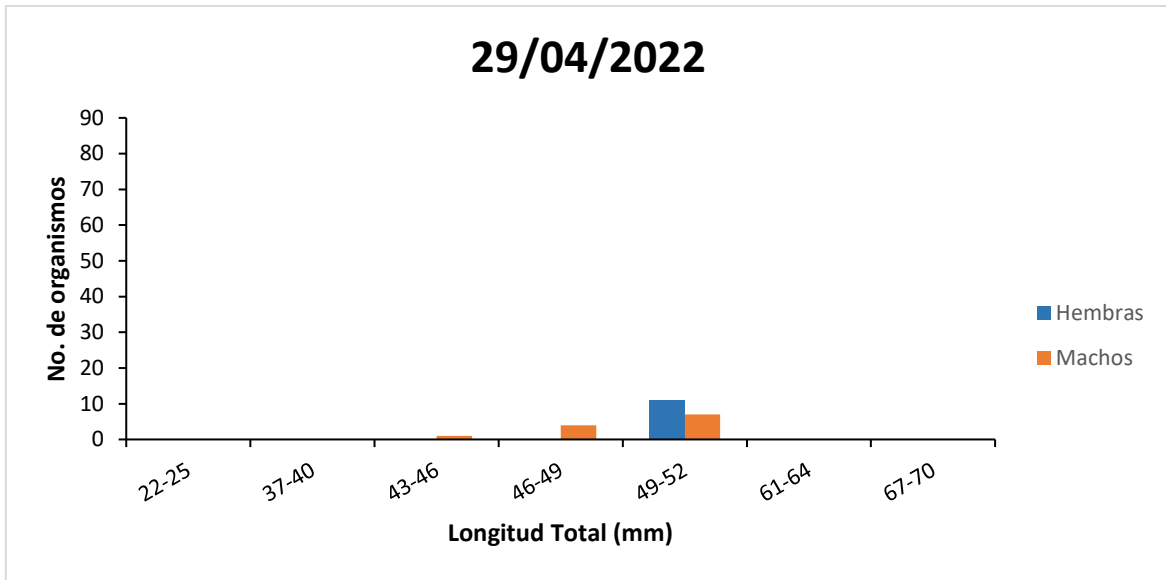


Figura 16. Distribución de tallas por sexo del pez espinucho *Gasterosteus aculeatus* durante el muestreo de 29 de abril de 2022.

## Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) indicado como el número de individuos capturados/trampa/hora, fue calculado por evento de muestreo durante el período 1996 a 2022 (Tabla III).

En el período 1996-2011, la CPUE del pez espinucho en la Lagunita El Descanso osciló entre 0.09 (diciembre de 1996) y 1.94 (marzo de 2011) (Tabla III). Por su parte, en el período 2020-2022, la CPUE de este pez varió de 1.11 (noviembre de 2020) a 3.25 (febrero de 2020) (Tabla III).

Basado en los valores registrados de CPUE del pez espinucho en la Lagunita El Descanso durante 11 eventos de muestreo en el periodo 1996-2022, se aprecia que a partir del muestreo de 2011 y hasta el muestreo más reciente de 2022, existe un incremento en la abundancia de la población (Figura 17). Lo anterior muestra que la población remanente del pez espinucho en esta lagunita está estable y tiende al incremento (Figura 18).

Tabla V. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) previa (P) y reciente (R) del pez espinucho en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2022.

	Fecha	Número de organismos	Trampas	Horas	CPUE Ind/trampa/hora
P	21/08/1996	89	10	21.03	0.42
P	22/06/1996	113	10	19.35	0.58
P	17/12/1996	19	10	21.03	0.09
P	29/01/1997	22	10	21.03	0.10
P	05/03/1997	23	10	15	0.15
P	04/04/1997	33	10	15	0.22
P	09/05/1997	90	10	15	0.60
P	27/03/2011	327	8	21.05	1.94
R	29/02/2020	494	10	15.19	3.25
R	14/11/2020	205	10	18.4	1.11
R	29/04/2022	39	8	2.37	2.05

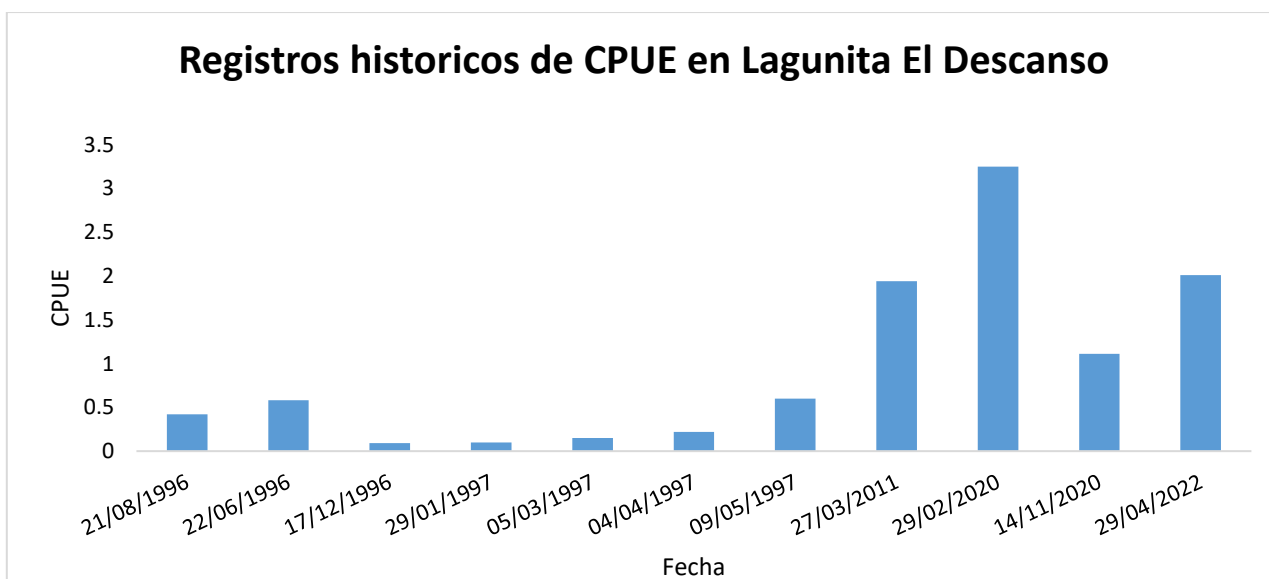


Figura 17. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE, individuos/trampa/hora) del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2022.

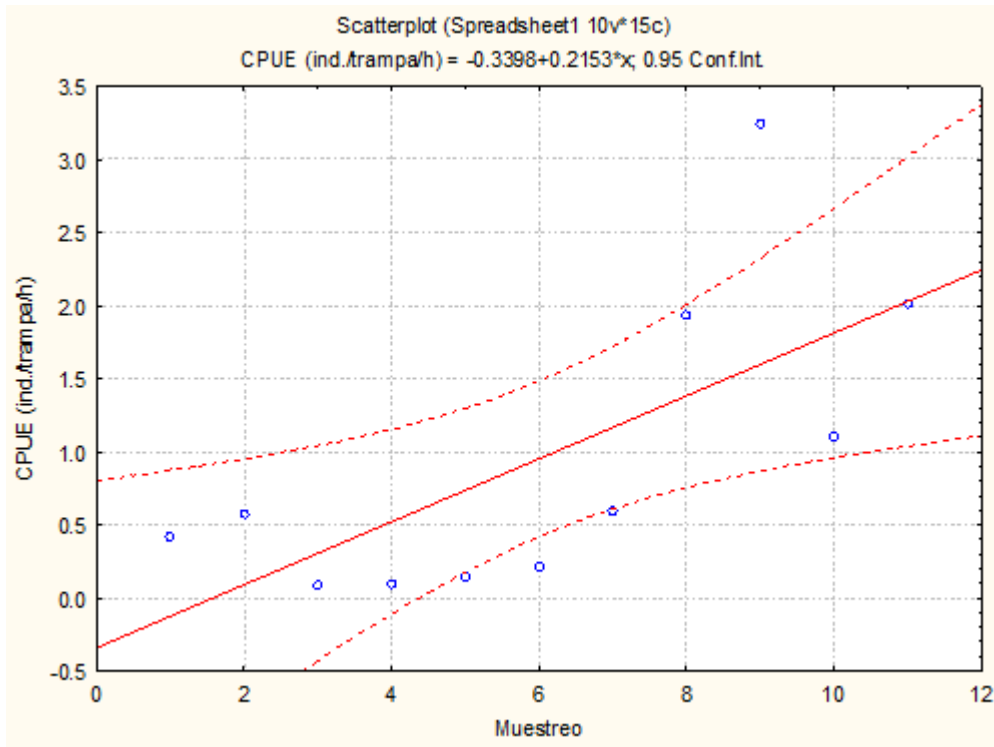


Figura 18. Tendencia poblacional de la CPUE de *Gasterosteus aculeatus* en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, durante 11 eventos de muestreo en el período 1996-2022.

## Estructura de tallas por grupos modales

La estructura de tallas (longitud total) del pez espinucho en la Lagunita El Descanso determinadas mediante el método polimodal de Bhattacharyas para los eventos de muestreo de febrero de 2020 y noviembre de 2020 se detalla a continuación.

En el muestreo de febrero de 2020, considerando los sexos combinados, la población estuvo representada por cuatro grupos modales: el primero con una talla promedio de 33.25 mm, el segundo con un promedio de 42.27 mm, el tercero con promedio de 48.34 mm, y el cuarto con un promedio de 58.09 mm (Figura 19a).

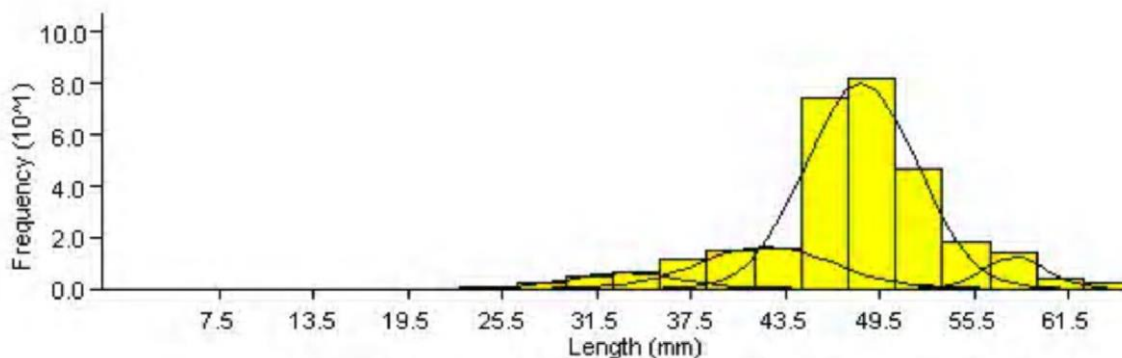
A nivel de sexos, en los que respecta a las hembras, éstas presentaron dos grupos modales: el primero y el segundo con un promedio de 48.10 mm y 56.7 mm, respectivamente (Figura 19b). En machos al igual que las hembras se presentaron dos grupos modales, en el primer grupo se obtuvo que el promedio de 46.75 mm, mientras que en el segundo grupo el promedio fue 50.5 mm (Figura 19c).

En el muestreo en noviembre del 2020, la población del pez espinucho considerando ambos sexos combinados, estuvo representado por tres grupos modales. El primer grupo con una longitud promedio de 34.88 mm, el segundo grupo modal con una longitud promedio de 43.65 mm, y el tercer grupo con una longitud promedio de 50.69 mm (Figura 20a).

En hembras se presentaron dos grupos modales, el primero estuvo representado por organismos con longitud promedio de 34.81 mm, mientras que el segundo grupo con longitudes promedio de 45.32 mm (Figura 20b). En machos al igual que las hembras estuvieron representadas por dos clases modales, con longitudes promedio para la primera y segunda clase modal de 43.29 y 50.63 mm, respectivamente (Figura 20c).

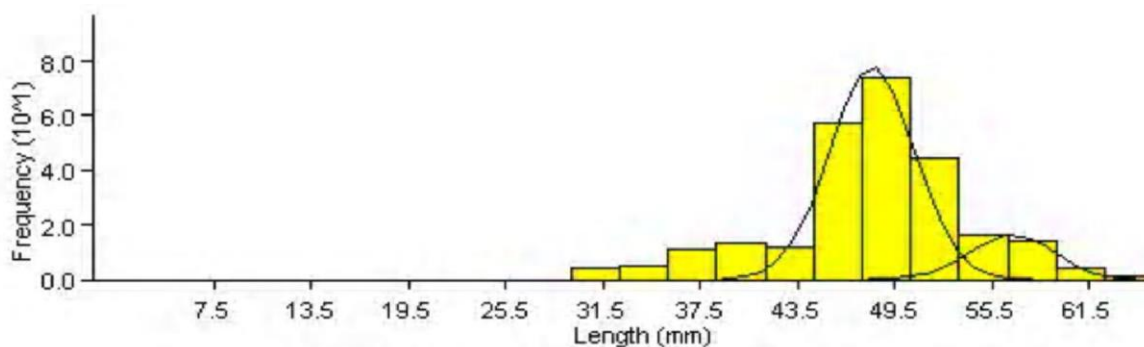
a)

### Total Febrero 2020



b)

### Hembras Febrero 2020



c)

### Machos Febrero 2020

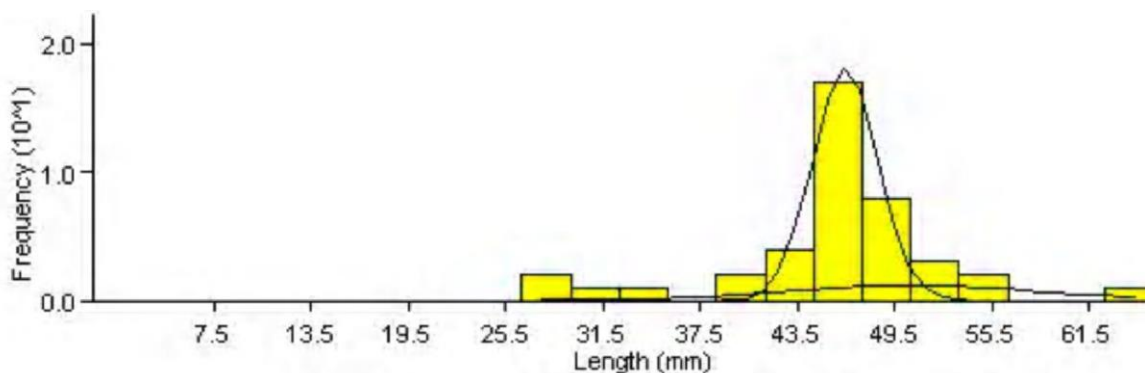
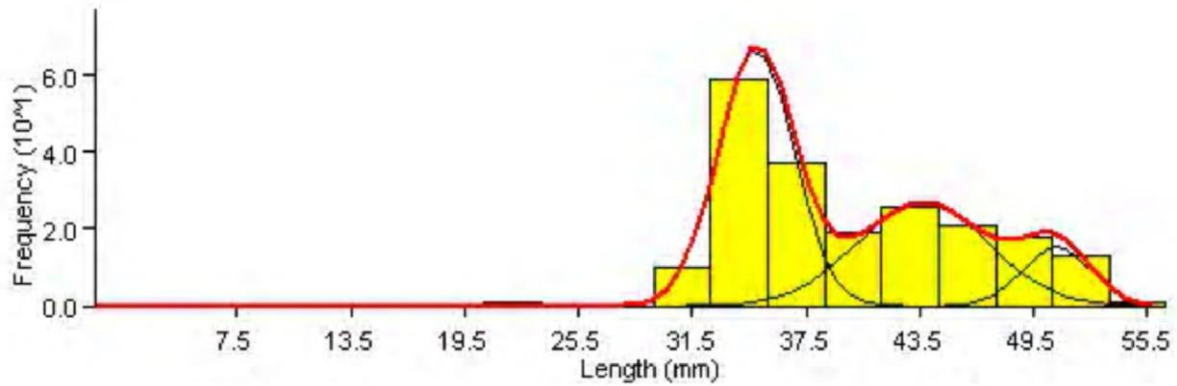


Figura 19. Estructura poblacional estimada del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el muestreo de febrero de 2020.

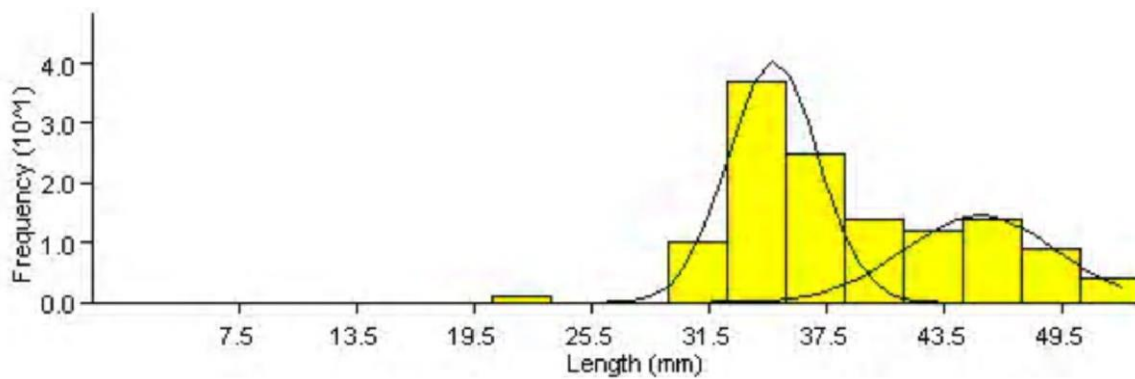
a)

### Total Noviembre 2020



b)

### Hembras Noviembre 2020



c)

### Machos Noviembre 2020

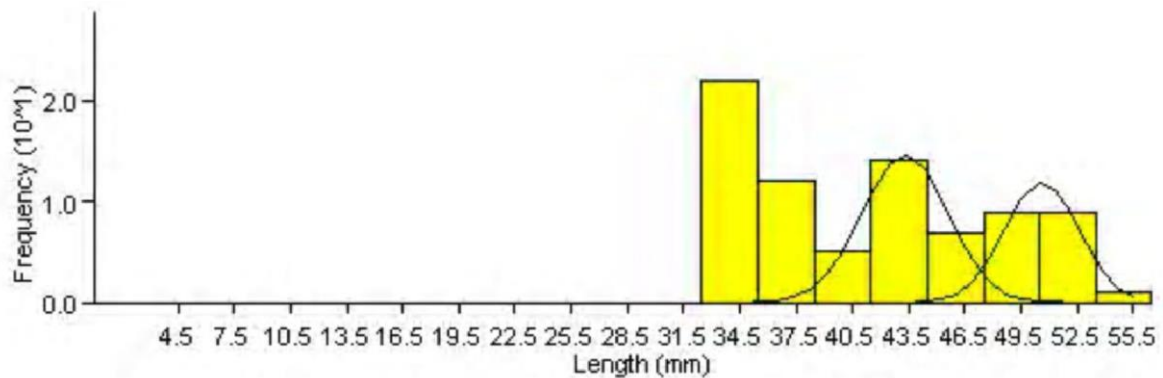


Figura 20. Estructura poblacional estimada del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el muestreo de noviembre de 2020.

## Análisis de correlación multivariada

Se realizó un análisis de correlación múltiple entre las variables fisicoquímicas y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) registradas (históricas y actuales). En esta correlación se obtuvo que la única variable que tuvo una correlación significativa ( $P < 0.05$ ) con la CPUE fue la salinidad ( $r = 0.666$ ) (Tabla V). Por tanto, se puede inferir que la captura por unidad de esfuerzo es una variable dependiente de la salinidad, mientras que las demás variables no tuvieron una correlación significativa entre sí (Tabla V).

Con base en los registros históricos (1996-2017) y actuales (2018-2022) de la población del pez espinucho en la Lagunita El Descanso, se aprecia gráficamente una correlación inversa significativa ( $P > 0.05$ ) entre la salinidad y la CPUE, lo cual demuestra que la abundancia del pez espinucho tiende a aumentar a medida que disminuye la salinidad, y viceversa (Figura 21).

## Patrón del paisaje

La caracterización del patrón del paisaje en el área de estudio basada en la examinación de fotografías aéreas, imágenes satelitales de Google Earth, así como observaciones tomadas en el campo durante los muestreos realizados en los meses de febrero y noviembre del 2020, aportó lo siguiente:

En la vegetación del humedal se identificaron siete especies (Tabla VI, Figuras 22 y 23). La especie exótica de hielito (*Carpobrothus edulis*) fue la especie que presentó la mayor dominancia y cobertura en el humedal seguido del tule (*Typha domingensis*) y el junco espinoso (*Juncus acutus*). Por su parte, las especies vegetales que se registraron en menor proporción fueron la hierba del manso (*Amenopsis californica*) y la especie exótica de pino salado (*Tamarix ramosissima*) (Figura 22). En porcentaje de cobertura, el hielito representó el 77% seguido por el tule y el junco espinoso con 8% y 6%, respectivamente (Figura 23).

## Avifauna asociada

Durante los muestreos recientes realizado en entre 2020 y 2022 se observaron 24 especies de aves en el humedal, tanto acuáticas, semi acuáticas como terrestres, las cuales utilizan este cuerpo de agua para actividades diversas (descanso, alimentación, anidación, etc.) (Tabla VII). Destaca la presencia de los miembros de la familia Anatidae, los cuales utilizan esta lagunita durante la temporada de otoño e invierno. Rapaces como el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) utiliza la lagunita como sitio de caza para la captura de aves acuáticas, especialmente de patos (Anatidae).

Otras aves de ambientes palustres aquí registradas asociadas a los juncos y tules son la Mascarita Común (*Geothlypis trichas*), el Cucarachero Pantanero (*Cistothorus palustris*) y el Sargento Alirrojo (*Agelaius phoeniceus*) (Tabla VII).

Tabla VI. Matriz de correlación de variables fisicoquímicas y de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE= Individuos/trampa/hora) registradas en la lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México (1996-2022).

Variables	Estación del año	Temperatura (°C)	pH	CPUE	Salinidad (‰)
Estación del año	1.000000	-0.526721	-0.004366	0.015041	-0.482974
Temperatura (°C)	-0.526721	1.000000	0.449075	-0.047678	0.435784
pH	-0.004366	0.449075	1.000000	0.342090	-0.196816
CPUE	0.015041	-0.047678	0.342090	1.000000	<b>-0.665783</b>
S ‰	-0.482974	0.435784	-0.196816	<b>-0.665783</b>	1.000000

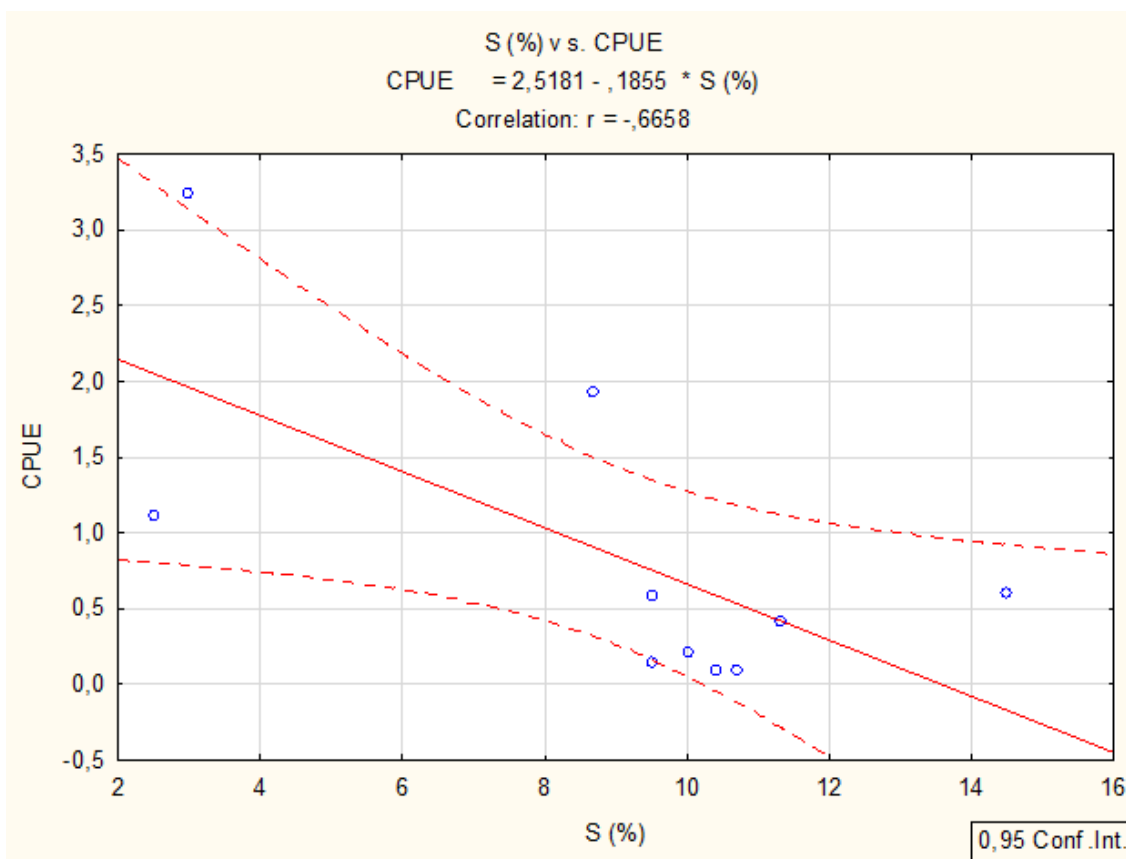


Figura 21. Relación entre la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) y la salinidad en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el período 1996-2022.

Tabla VII. Especies vegetales registradas en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México.

Nombre científico	Nombre común
<i>Juncus acutus</i>	Junco espinoso
<i>Carpobrothus edulis</i>	Hielito o Dedito
<i>Anemopsis californica</i>	Hierba del manso
<i>Tamarix ramosissima</i>	Pino salado Eurasiático
<i>Distichlis spicata</i>	Pasto Salado
<i>Typha domingensis</i>	Tule
<i>Schoenoplectus californicus</i>	Cipero o Tatora

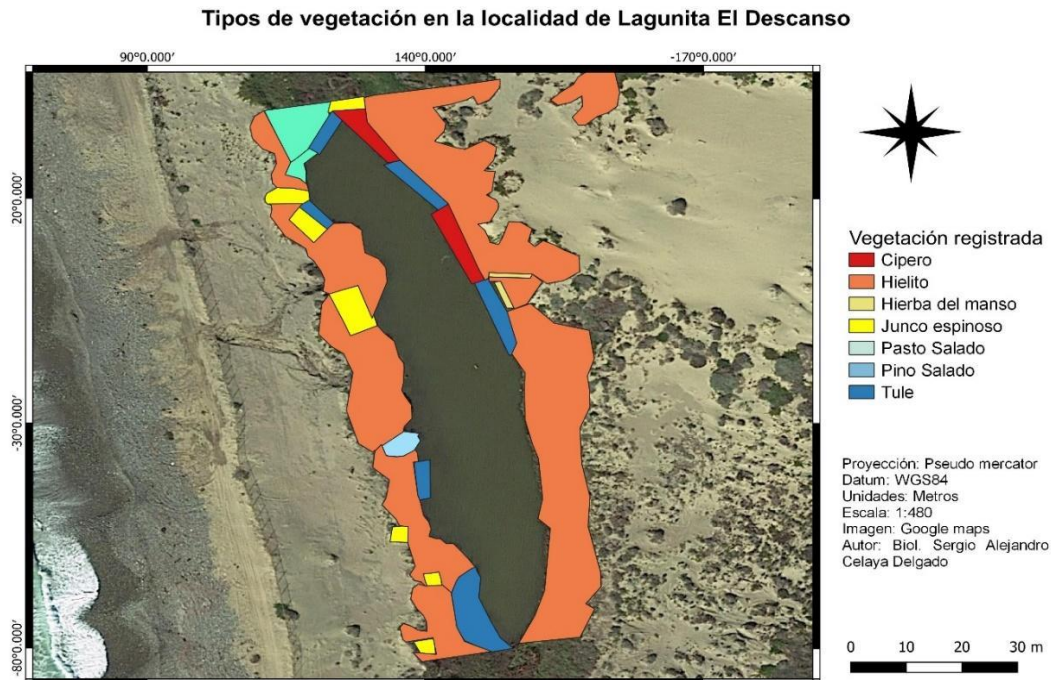


Figura 22. Caracterización del paisaje actual en la localidad de lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo de 2020.

## Cobertura de la vegetación

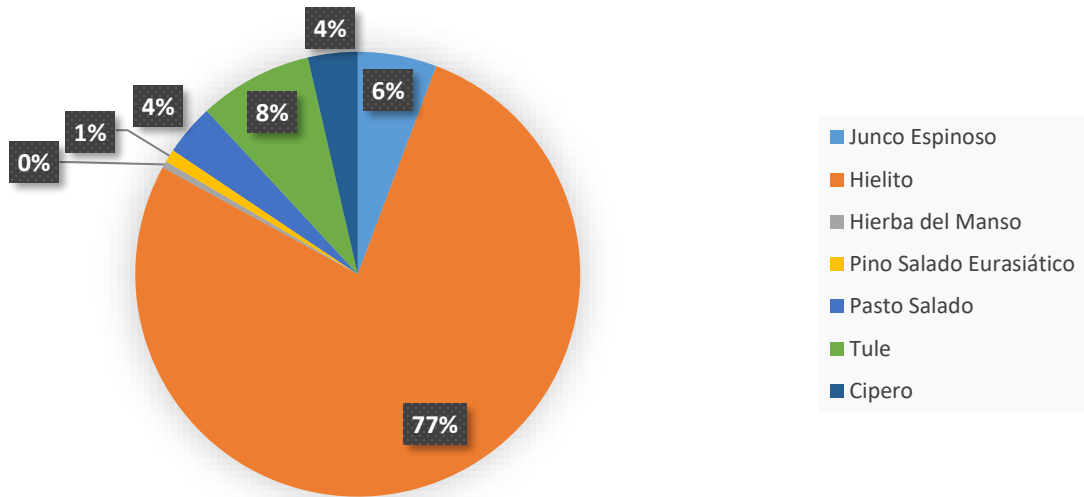


Figura 23. Cobertura de vegetación registrada en el humedal de Lagunita el Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el año 2020.

Tabla VIII. Avifauna registrada en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el evento de muestreo de noviembre del 2020.

<b>Avifauna observada</b>	<b>Nombre común</b>	<b># Organismos</b>	<b>Estatus IUCN</b>
<i>Actitis macularia</i>	Andarríos Maculado	1	Preocupación menor
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Sargento Alirrojo	8	Preocupación menor
<i>Anser albifrons</i>	Ganso frente blanco	15	Preocupación menor
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade Real	12	Preocupación menor
<i>Ardea alba</i>	Garza Blanca	1	Preocupación menor
<i>Ardea herodias</i>	Garza Azul	1	Preocupación menor
<i>Aythya americana</i>	Pato Cabeza Roja	3	Preocupación menor
<i>Butorides virescens</i>	Garcita Verde	1	Preocupación menor
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	1	Preocupación menor
<i>Cistothorus palustris</i>	Cucarachero Pantanero	2	Preocupación menor
<i>Circus hudsonius</i>	Gavilán ratonero	1	Preocupación menor
<i>Corvus corax</i>	Cuervo Común	3	Preocupación menor
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	1	Protección especial
<i>Fulica americana</i>	Gallineta Americana	10	Preocupación menor
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita Común	1	Preocupación menor
<i>Mareca americana</i>	Pato Chalcuán	2	Preocupación menor
<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión Cantor	1	Preocupación menor
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Tepalcate	7	Preocupación menor
<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor Pico Grueso	3	Preocupación menor
<i>Plegadis chihi</i>	Acalote Frente Blanca	2	Preocupación menor
<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas Negro	2	Preocupación menor
<i>Setophaga coronata</i>	Chipe Rabadilla Amarilla	8	Preocupación menor
<i>Spatula discors</i>	Cerceta Ala Azul	6	Preocupación menor
<i>Zenaida macroura</i>	Huilota Común	1	Preocupación menor

## Análisis de amenazas

Resultado del análisis de amenazas para los objetos de estudio, un coeficiente de ponderación fue generado para la asignación de valores. En este sentido, el sistema de "Potencial Alto" fue el que registró el mayor promedio en términos de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta. Por su parte, el sistema de conservación de "Potencial Bajo" fue el que obtuvo el menor promedio debido a la poca contribución del sistema en términos de grado de conservación (Tabla VIII).

Para la lagunita El Descanso se identificaron cuatro impactos, provenientes de nueve causas de los mismos. Al evaluar los impactos, se encontró que el de mayor severidad y alcance resultó ser la alteración de dunas adyacentes y la cobertura de plantas exóticas en los márgenes de la lagunita, con un promedio de cuatro, seguido por cambios en el uso de suelo en sitios adyacentes y presencia de especies exóticas con un promedio de tres.

En la asignación de valores de las causas o fuentes, el desarrollo habitacional colindante y la dominancia del número de especies vegetales exóticas sobre nativas resultaron con el valor más alto, equivalente a cuatro. Otras cuatro causas o fuentes que tuvieron un promedio igual a tres fueron: introducción de maquinaria para remoción de la vegetación y nivelación del terreno, introducción de especies ícticas exóticas, vegetación exótica dominante en las zonas adyacentes a la lagunita, e introducción incidental de especies vegetales exóticas. El resto de las causas tuvieron un valor igual o menor a dos (Tabla IX)

Tabla IX. Valores asignados para los diferentes sistemas de conservación en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2020.

<b>Sistema de conservación</b>	<b>Contribución</b>	<b>Rareza</b>	<b>Calidad</b>	<b>Valor como herramienta</b>	<b>Promedio</b>
<b>Potencial Bajo</b>	1	4	2	2	2.25
<b>Potencial Medio</b>	2	4	2	4	3
<b>Potencial Alto</b>	4	4	1	4	3.25
<b>Potencial Muy Alto</b>	2	4	2	2	2.5

Tabla X. Puntuaciones de los impactos y sus fuentes en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante el periodo 1996-2020.

<b>Impacto</b>	<b>Severidad/ Alcance</b>	<b>Promedio impacto</b>	<b>Fuente</b>	<b>Actual/ Futura</b>	<b>Promedio Fuente</b>
<b>Alteración de dunas adyacentes</b>	4/4	4	Desarrollo habitacional colindante	4/4	4
			Introducción de maquinaria para remoción de la vegetación y nivelación del terreno	2/4	3
<b>Cambios en el uso del suelo en sitios adyacentes</b>	2/4	3	Crecimiento urbano	2/2	2
			Introducción de ganado	1/2	1.5
			Tiradero de basura	0.5/2	1.25
<b>Presencia de especies exóticas</b>	2/4	3	Introducción de especies ícticas exóticas	2/4	3
<b>Cobertura de plantas exóticas en los márgenes</b>	4/4	4	Vegetación exótica dominante en las zonas adyacentes de la lagunita	2/4	3
			Introducción incidental de especies vegetales exóticas	2/4	3
			Dominancia del número de especies vegetales exóticas sobre nativas	4/4	4

En la asignación de valores de los impactos y sus fuentes para la lagunita de El Descanso con base en sus atributos de severidad y alcance, así como las condiciones actuales y futuras, se determinó que el impacto con mayor valor hacia el sistema es la cobertura de plantas exóticas en los márgenes, alcanzando una categoría de priorización de tipo “muy alto”. La alteración de dunas adyacentes fue categorizada como “alto”, seguido por los cambios en el uso del suelo en sitios adyacentes que fue categorizado como “medio” y por último la presencia de especies ícticas exóticas colocada en la categoría “bajo”.

Para los sistemas de conservación, el potencial “alto” es el que se encuentra mayor impactado, seguido por el potencial “medio”, por último, tenemos el potencial “muy alto” y “bajo” con la misma puntuación. Todos los sistemas se encuentran impactados principalmente por la cobertura de plantas exóticas en los márgenes de la lagunita (Tabla XI).

Tabla XI. Valores asignados para el sistema de conservación en la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante 1996-2020.

<b>Impactos</b>	<b>Potencial Bajo</b>	<b>Potencial Medio</b>	<b>Potencial Alto</b>	<b>Potencial Muy Alto</b>	<b>Total</b>	<b>Categoría</b>
<b>Alteración de dunas adyacentes</b>	72	96	104	72	<b>344</b>	<b>Alto</b>
<b>Cambios en el uso del suelo en sitios adyacentes</b>	32	43	46	32	<b>153</b>	<b>Medio</b>
<b>Presencia de especies ícticas exóticas</b>	20	27	29	20	<b>97</b>	<b>Bajo</b>
<b>Cobertura de plantas exóticas en los márgenes</b>	90	120	130	90	<b>430</b>	<b>Muy Alto</b>
<b>Amenaza total del sistema</b>	<b>214</b>	<b>286</b>	<b>310</b>	<b>214</b>	<b>1024</b>	

## Propuesta de manejo

Para llevar a cabo las propuestas de manejo para el pez nativo *Gasterosteus aculeatus* y sus hábitats en la Lagunita de El Descanso, en el municipio de Rosarito, Baja California, se procedió con la identificación de los actores potenciales que van desde agencias gubernamentales, sector privado, instituciones de la comunidad científica, organizaciones sociales y los habitantes de las zonas urbanas de El Descanso-Primo Tapia (Tabla XII). El alcance de estas propuestas tendrá impacto en el ámbito local, regional, nacional, e internacional, resaltando la importancia para la conservación de este sitio y de su biota.

Como complemento a esta propuesta de manejo a nivel de sistema se identificaron 7 fortalezas, 6 oportunidades, 4 debilidades y 6 amenazas por medio de un análisis FODA, mismas que fueron colocadas en una matriz para generar las recomendaciones de manejo para la conservación del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) y su hábitat en la lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México. (Tabla XIII).

Con base en los resultados obtenidos durante este estudio en la Lagunita de El Descanso, se presentan en la tabla XIV las propuestas de manejo a nivel sistema con las unidades correspondientes, proyectos para resolver o minimizar impactos, actividades a realizar, actores potenciales y la priorización a tratar los impactos para la protección del pez en peligro de extinción, el pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*).

Tabla XII . Actores potenciales identificados para desarrollar la propuesta de conservación para el pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México.

<b>Actores</b>	<b>Locales</b>	<b>Regionales</b>	<b>Nacionales</b>	<b>Internacional</b>
<b>Funcionarios Públicos</b>	Director de Ecología Municipal de Rosarito	Delegado de Ecología del Estado	N/A	N/A
<b>Agencias de Gobierno</b>	Departamento de Ecología Municipal de Rosarito	Dirección de Ecología del Estado	SEMARNAT, CONANP, CONABIO, CONAGUA	FAO
<b>Sector Privado</b>	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Comunidad Científica</b>	N/A	UABC, CICESE, COLEF	UNAM	N/A
<b>Organizaciones Conservacionistas</b>	N/A	Fauna del Noroeste, Terra Peninsular	Pronatura, Proesteros	IUCN, WWF
<b>Propietarios de tierras</b>	Habitantes de la localidad de Primo Tapia	N/A	N/A	N/A

Tabla XIII. Análisis FODA para la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, donde reside el pez en peligro de extinción *Gasterosteus aculeatus*.

	<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>1</b>	Acceso privado para la lagunita	Investigación científica	Falta de concientización de la población para la protección de áreas naturales	Construcción de zona habitacional contigua a la lagunita El Descanso
<b>2</b>	Laguna con abundante agua anualmente	Educación ambiental a los habitantes de la localidad Primo Tapia	No hay un plan de manejo y conservación para <i>Gasterosteus aculeatus</i>	Azolvamiento progresivo de la lagunita
<b>3</b>	Diversidad de flora y fauna	Incorporación de la lagunita como Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC)	Falta de recursos económicos	Contaminación por basura
<b>4</b>	Sin presencia de especies ícticas exóticas invasoras	Apoyos económicos por parte del gobierno para mantenimiento del ADVC	No hay protección y no es un sitio RAMSAR	Introducción de especies vegetales exóticas invasoras
<b>5</b>	Último sitio en México con presencia del pez nativo <i>Gasterosteus aculeatus</i>	Translocación de organismos de pez espinucho a otros sitios de distribución históricos		Disminución del espejo de agua
<b>6</b>	Población estable y abundante	Sitio de monitoreo de aves acuáticas migratorias		Impacto por disturbio de ruido y especies de fauna feral
<b>7</b>	Sitio de alimentación y descanso para aves migratorias	Investigación científica		

Tabla XIV. Propuestas de manejo para los impactos a nivel sistema en la lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México.

Componentes asociados del análisis FODA	Proyecto	Actividades	Responsables
F1, F3, F5, F6, F7, O1, O2, O3, O5, D2, D3, A1, A2, A 4	Plan de conservación para el pez espinucho ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporar a la lagunita como un área destinada voluntariamente para la conservación del pez espinucho.</li> <li>- Capturar y translocar individuos del pez nativo <i>Gasterosteus aculeatus</i> a otros humedales donde históricamente se distribuía, con el fin de repoblar estos sitios, sin afectar la estabilidad poblacional del pez espinucho en la Lagunita El Descanso.</li> <li>- Continuar monitoreando a la población de <i>Gasterosteus aculeatus</i> y su hábitat, de manera periódica con el propósito de determinar su dinámica y tendencia poblacional, así como monitorear el estado de salud fisiológica de los individuos.</li> <li>- Realizar talleres o pláticas para los habitantes de las localidades de El Descanso, Primo Tapia y</li> </ul>	UABC, CICESE, UNAM, CONANP, CONABIO, WWF, IUCN, WILDCOAST, TERRAPENINSULAR.

		<p>sus alrededores, para dar a conocer la importancia del pez nativo <i>Gasterosteus aculeatus</i>, actualmente catalogado en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010).</p>	
<p>F1, F3, F5, O1, O2, O4, D1, D3, A4</p>	<p>Erradicación de flora exótica invasiva</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar técnicas o herramientas adecuadas para la extracción masiva y eficiente de especies vegetales exóticas invasivas, en especial de <i>Carpobrothus edulis</i> en la Lagunita El Descanso.</li> <li>- Divulgar e invitar a los habitantes de El Descanso/Primo Tapia a participar en el plan de erradicación de flora exótica invasiva y el protocolo para la extracción y disposición final de los ejemplares extraídos.</li> <li>- Monitorear el área contigua a la lagunita periódicamente para mantener un control y evitar la introducción de nuevas especies invasoras.</li> <li>- Impartir talleres de concientización ambiental, con el fin de difundir información acerca de los impactos generados por la</li> </ul>	<p>UABC, CONABIO, SEMARNAT, CICESE, UNAM, WWF, PRO NATURA, PRO ESTEROS, SIMAC, WILD Coast, Habitantes de El Descanso/ Primo Tapia, Director de Ecología de Rosarito.</p>

		<p>introducción de especies exóticas y los daños que producen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar normas para no permitir que se introduzca alguna especie exótica vegetal o animal que pueda perjudicar la zona de la Lagunita El Descanso.</li> </ul>	
<p>F3, F5, F6, F7, O2, O3, O4, D1, D2, D3, A1, A2, A4, A5</p>	<p>Plan de manejo y conservación de la lagunita El Descanso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar una serie de reuniones con los dueños del predio dentro del cual se ubica la lagunita El Descanso para la creación de la primera área destinada voluntariamente para la conservación (ADVC) en Baja California.</li> <li>- Establecer reuniones con personal de la dirección de Ecología de Rosarito y SEMARNAT para solicitar su apoyo durante el proceso de integración de la Lagunita El Descanso como ADVC.</li> <li>- Realizar acciones para evitar la modificación del hábitat por los trabajos de cambio de uso de suelo que se presentan en las dunas adyacentes a la lagunita.</li> </ul>	<p>UABC, SEMARNAT, Director de Ecología de Rosarito, Habitantes de El Descanso/ Primo Tapia, CONABIO, CICESE, COLEF, UNAM, WWF, PRO NATURA, PRO ESTEROS, SIMAC, WILD Coast.</p>
<p>F2, F5, F7, O4, D1, D3, A1, A2, A3</p>	<p>Desazolve de la lagunita El Descanso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar labores de desazolve cada cierto tiempo en la lagunita, ya que se observó que el sitio se</li> </ul>	<p>UABC, Habitantes en conjunto con el Gobierno municipal de</p>

		encontraba afectado por dicho problema	Rosarito, CONAGUA, CONANP.
--	--	--	----------------------------

## DISCUSIÓN

### Variables fisicoquímicas del hábitat

El pez espinucho es una especie holártica que habita en un amplio intervalo térmico en el noroeste de Baja California, México, con valores que oscilan entre 14.5 a 30.5 °C (Ruiz-Campos et al., 2000a, 2000b). En la lagunita El Descanso donde se ubica la única población remanente del pez espinucho en Baja California y en México, este pez nativo anádromo fue registrado en un intervalo térmico de 16.8 a 18.9 °C, un ámbito relativamente similar al reportado para esta misma especie de 14.5 a 22.7 °C en el estuario de Río El Rosario, Baja California (Valenzuela-López, 2014), la parte más austral de su distribución geográfica conocida (Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2014).

El pez espinucho es una especie que ha sido registrada en diferentes humedales costeros (bocanas) de Baja California, en niveles de salinidad entre 1.0 y 15.6 ‰ del ámbito salobre (Ruiz-Campos et al., 2000a, 2000b; Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023). En la Lagunita El Descanso este pez se registró en salinidades de 6.8 a 10.3 ‰ en el período 1996-2018, pero actualmente (2020-2022) en salinidades con un intervalo menor (2.5 a 5.1 ‰). Esta disminución en la salinidad ha tenido un efecto favorable en la abundancia de los individuos de la población, tal como lo demuestran el análisis de correlación y la tendencia poblacional.

Las variables dependientes de la salinidad como la conductividad y el total de sólidos disueltos (TDS) entre períodos de muestreo en el área de estudio, se registran valores más bajos en el periodo 2020-2022 para conductividad (4.57 mS/cm) y TDS (2.93 g/l) en comparación con el periodo 1996-2018 (12.04 mS/cm y 7.05 g/l, respectivamente).

## Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

Muestreos ictiológicos realizados entre 1996-1997 por Ruiz-Campos et al. (2000a, 2000b) indicaron que la población remanente del pez espinucho localizada en la Lagunita El Descanso se encontraba estable de acuerdo con las capturas por unidad de esfuerzo obtenidas, cuyos valores oscilaron entre 0.09 y 0.60 ind/trampa/h. Catorce años después (2011) se observó un incremento significativo en la cantidad de individuos capturados en este mismo lugar con 1.94 ind/trampa/h (Ruiz-Campos et al., 2014). Los muestreos más recientes (2020-2022) consignan un incremento en la población del pez espinucho con valores entre 1.11 y 3.25 ind/trampa/h.

Por otra parte, de acuerdo con los registros históricos y actuales de los parámetros fisicoquímicos y las capturas por unidad de esfuerzo del pez espinucho en Lagunita El Descanso, se determinó una correlación inversa significativa ( $P > 0.05$ ) entre ambos parámetros, donde la abundancia del pez espinucho es dependiente de la salinidad, es decir los valores más bajos de salinidad se asociaron a las capturas más altas y viceversa.

## Vegetación y avifauna asociada

En el patrón del paisaje de la lagunita El Descanso, en el municipio de Rosarito, Baja California, se identificó un mosaico compuesto por parches de diferentes asociaciones de vegetación. En la zona litoral y somera de la lagunita destacan macrófitas emergentes como el tule (*Typha dominguensis*) y el junco o cipero (*Schoenoplectus californicus*), mientras que en los bancos es dominada en cobertura por la especie exótica invasora conocida como hielito (*Carpobrotus edulis*), la cual no estaba presente en los muestreos históricos de 1996-2011 cuando era dominada por el junco espinoso (*Juncus acutus*) y el pasto salado (*Distichlis spicata*) (Ruiz-Campos, 2002). Así mismo, en el presente estudio se registró por primera vez en este humedal la presencia de la hierba del manso (*Anemopsis*

*californica*), una especie nativa de la región pero que se caracteriza por colonizar los ambientes de humedal.

En términos de biodiversidad, la bocana del arroyo El Descanso y su lagunita adyacente están consideradas como sitios de importancia para las aves, ya que se tienen registros de 54 especies tanto residentes como migratorias (Ruiz-Campos et al., 2005). Algunas de las especies allí presentes se encuentran catalogadas en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010), tales son los casos de *Passerculus sandwichensis* (amenazada) y *Falco peregrinus* (protección especial) (Ruiz-Campos et al., 2005). En este estudio se registraron 24 especies de aves en la Lagunita El Descanso, la cual se encuentra localizada a escasos 300 metros de la bocana del arroyo con el mismo nombre. Dentro de estos muestreos se encontró la ya referida especie en protección especial, *Falco peregrinus*. Es importante resaltar el servicio ecosistémico que brinda la Lagunita El Descanso para la avifauna como sitio de alimentación, descanso, reproducción y refugio para especies tanto residentes como migratorias, además de ser un humedal eslabón utilizado por las aves del corredor migratorio del Pacífico (Ruiz-Campos et al., 2005).

### Amenazas del sistema

Una de las principales amenazas identificadas en la Lagunita El Descanso y sus inmediaciones durante el presente estudio, es la presencia de plantas exóticas invasivas, en especial la planta de origen africano *Carpobrotus edulis*. Esta planta durante un periodo de aproximadamente diez años ha desplazado a las especies nativas que antes se registraban en los márgenes de la lagunita como las más abundantes y conspicuas (Rivera-Campos, 2005). Otro impacto que presentó la categoría de alto impacto para el humedal motivo de estudio fue la alteración de las dunas en las zonas adyacentes, debido a que fuera del cerco perimetral que mantiene resguardada la lagunita, se encuentran una serie de dunas que en los últimos tres años han sido modificadas para convertir el sitio en un desarrollo tipo habitacional, lo cual había sido ya pronosticado como una amenaza a corto plazo en el estudio de Ruiz-Campos *et al.* (2014). Esto representa una grave amenaza ya que, como resultado de estas modificaciones a las dunas, la lagunita pronto podría

empezar a cambiar su configuración física, fisicoquímica y el cuerpo de agua podría azolverse, siendo un daño irreversible para el sistema, amenazando así la sobrevivencia del pez espinucho en este humedal, y de la única población aún presente del taxón en Baja California y en México (Turba et al., 2022; Ruiz-Campos y González-Acosta, 2023).

Mediante el análisis FODA se identificaron las fortalezas y debilidades que se presenta para la protección de la lagunita El Descanso, donde se deberá incidir primordialmente con las personas que habitan el sitio, y así proponer a la lagunita como un área destinada voluntariamente para la conservación. Paralelamente se deberá de realizar un programa de control o erradicación de la vegetación exótica invasora, para permitir la recuperación de las especies nativas de plantas en el humedal. También se deberá controlar el acceso del personal que ingresa al sitio, controlando la introducción de otras especies exóticas invasoras tanto vegetales como animales, especialmente de especies ícticas que pueden ser competidoras con el pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en peligro de extinción.

## CONCLUSIÓN

1. Este estudio determinó como estable a la única población remanente del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en México, la cual está confinada a la localidad de Lagunita El Descanso, municipio de Rosarito, Baja California.
2. La salinidad de la Lagunita El Descanso presenta una relación inversa significativa con la abundancia del pez espinucho, por lo que es importante que los niveles de salinidad se mantengan en valores entre 2 y 6 partes por mil.
3. La Lagunita El Descanso representa uno de los humedales costeros mejor conservados en el noroeste de Baja California, a pesar de los cambios en el uso del suelo de sus zonas adyacentes.
4. Las principales amenazas que enfrenta el humedal costero de la Lagunita El Descanso son la presencia de especies vegetales exóticas invasoras y la alteración de las dunas adyacentes a la lagunita generada por el desarrollo de una zona habitacional.
5. Es de suma importancia primordial y urgente que se establezca un plan de conservación de este humedal costero y del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*), ya que es la única población aún presente de este taxón holártico en México.
6. El conocimiento sobre la ecología y dinámica que se ha generado durante las últimas tres décadas (1996-2022) en este humedal costero, representa una oportunidad para promover a este sitio como un Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC).

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez del Villar, J. (1970). Peces mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras, Secretaría de Industria y Comercio, México, D.F. pp. 166.
- Bell, M. A., & Foster, S. A. (1994). The Evolutionary Biology of the Threespine Stickleback. Oxford, UK: Oxford University Press. pp. 579.
- Contreras-Balderas, S., y Escalante-Cavazos, M.A. (1984). Distribution and known impacts of exotic fishes in Mexico. Pags. 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.
- Delgadillo-Rodríguez, J. (1992). Florística y ecología del norte de Baja California. Mexicali, México: Universidad Autónoma de Baja California. pp. 339.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centrooriental. Vertebrados- Parte 1 & 2, Vol. II: p. 647-1200 y Vol. III: 1201-1813. Roma: FAO.
- Follett, W. I. (1960). The freshwater fishes: their origins and affinities. Symposium on biogeography of Baja California and adjacent seas. Systematic Zoology 9: 212-232.
- Gayanilo, F.C., Jr.; Sparre, P.; Pauly, D. (2005). FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FISAT II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No.8, Rome, FAO. 168.
- Mandujano, S; Mulero-Pázmány, M; Rísquez-Valdepeña, A. (2017). Drones: A new technology to study and monitor wildlife and habitats. Agroproductividad 10 (2017): 79-84.
- Meza-Matty, I. (2017). 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 de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. <https://hdl.handle.net/20.500.12930/1092>
- Miller, R.R., Hubbs, C.L. (1969). Systematics of *Gasterosteus aculeatus*, with particular reference to intergradation and introgression along the Pacific coast of North America: a commentary on a recent contribution. Copeia, 1969 (1): 52-69.
- Miller, D.J., y Lea R.N. (1972). Guide to the coastal marine fishes of California. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin, 157: 1-249.

- Miller, R.R. (1943). Further data on freshwater populations of the Pacific killifish, *Fundulus parvipinnis*. *Copeia* 1943(1): 51-52.
- Muñoz-Pedrerros, A. (2004). La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), 139-156. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100011>
- Nielsen, L. (1983). Variation in the catchability of yellow perch in an otter trawl. *Transactions of the American Fisheries Society*, 112: 53-59.
- Ojeda-Bustamante, W., González-Sánchez, A., Mauricio-Pérez, A., & Flores-Velázquez, J. (2017). Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(4): 157-166.
- Page, L.M., y B.M. Burr. (1991). *A field guide to freshwater fishes: North America-North of Mexico*. Houghton Mifflin Company, Boston. 432 pp.
- Pauly, D. (1982). Algunos métodos simples para la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. FAO. Documento Técnico de Pesca 234. 49 pp.
- Rivera-Bruno, A., García-Albarado, J., Pérez-Vázquez, C., Gallardo-López, A. Vargas-Mendoza, F. & De la Cruz, M. (2014). La percepción en la evaluación del paisaje. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 1811-1817. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i9.1068>
- Rivera-Campos, R. (2005). Valoración ecológica de humedales costeros pequeños del noroeste de Baja California. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California.  
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/2194>
- 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.
- Ruiz-Campos, G. y González-Acosta, A.F. (2023). *Peces continentales de Baja California, México*. Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Ruiz-Campos, G., Contreras-Balderas, S., Lozano-Villarino, M., Cruz-Agüero, J. (2000a). Catálogo sinóptico de los peces continentales del Noroeste de Baja California, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. Convenio FB667/S087/99. 123 p.
- Ruiz-Campos, G. Contreras-Balderas, S. Lozano-Villarino, M. González-Guzmán, S. Alaníz-García, J. (2000b). Ecological and Distributional Status of the Continental Fishes from Northwestern Baja California, México. *Southern California Academy of Sciences*, 99(2): 59-90.

- Ruiz-Campos, G., (2002). Estatus ecológico y distribución de la ictiofauna de humedales costeros (bocanas y marismas) en el noroeste de Baja California México (Área marina prioritaria amenazada A1: Ensenadense). Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. S087. México D. F.
- Ruiz-Campos, G., Palacios, E., Castillo-Guerrero, J., González-Guzmán, S., Batche- González, E. (2005) Composición espacial y temporal de la avifauna de humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 31(3): 553–576.
- Ruiz-Campos, G., Camarena-Rosales, F., Contreras-Balderas, S., C. Reyes-Valdez, A., De La Cruz-Agüero, J. & Torres-Balcázar, E. (2006). Distribution and abundance of the endangered killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae), in oases of Central Baja California Peninsula, México. *The Southwestern Naturalist*, 51(4): 502-509.
- Ruiz-Campos, G., Camarena-Rosales, F., González-Acosta, A., Maeda-Martínez, A., García, F., Varela-Romero, A., Andreu-Soler, A. (2014). Estatus actual de conservación de seis especies de peces dulceacuícolas de la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 1235-1248.
- Ruiz-Campos, G. y Varela-Romero, A. (2016). *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758. Pags. 381-384. En: Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción (G. Ceballos, E. Díaz-Pardo, L. Martínez-Estévez, y H. Espinosa-Pérez, eds.). Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México.
- Sánchez-González, S., Ruiz-Campos, G., Contreras-Balderas, S. (2001). Feeding ecology and habitat of the threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus microcephalus*, in a remnant population of northwestern Baja California, México. *Ecology of Freshwater Fish*, 10: 191–197.
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales] (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo publicada el 30 de diciembre de 2010. DOF (Diario Oficial de la Federación).
- Sorensen, J., McCreary, S. & Brandani, A. (1992). Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes y Recursos Costeros. Rhode Island: Coastal Resources Center.
- Turba de Paula, R., Richmond, J., Fitz-Gibbon, S., Morselli, M., Fisher, R., Swift, C., Ruiz-Campos, G., Backlin, A., Dellith, C., y Jacobs, D. (2022). Genetic structure and historic demography of endangered unarmoured threespine

stickleback at southern latitudes signals a potential new management approach. *Molecular Ecology*, 2022: 1–16.

Valenzuela-López, D. (2014). Composición alimentaria y condición somática del pez espinucho (*Gasterosteus aculeatus*) en el estuario del río El Rosario, Baja California, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California

Valenzuela-López, D. & Ruiz- Campos, G. (2020). Threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) diet in El Rosario River estuary, its southernmost North American locality. *Fishes in Mediterranean Environments*. 10.29094/FiSHMED.2020.001.

## ANEXOS

### **Anexo i. Breve descripción de especies ícticas exóticas registradas la Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México (periodo 1996-2022).**

#### **Familia Fundulidae**



*Fundulus parvipinnis parvipinnis* Girard, 1854 (Fotografía: G. Ruiz-Campos)

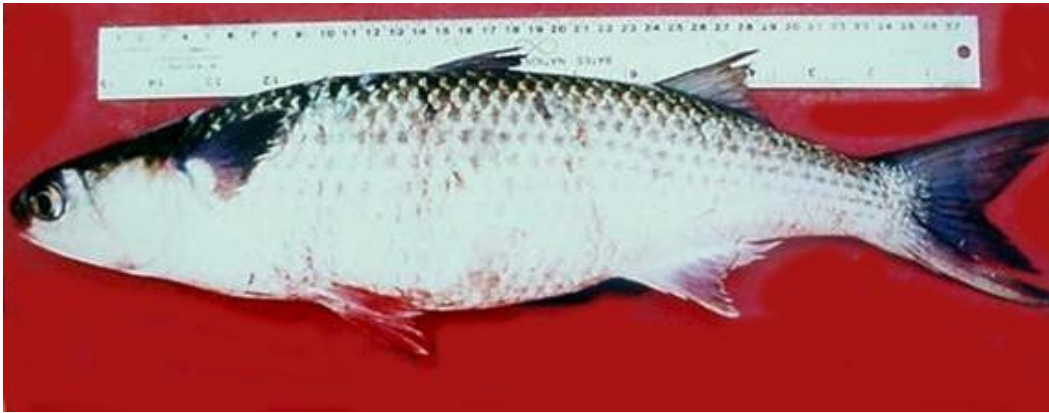
Nombre Común: Guayacón californiano/ California killifish.

Descripción: Cuerpo moderadamente elongado; radios dorsales 12-15, anales 11-13, escamas en serie lateral 31-37; dorso verde oliváceo y vientre pardo amarillento; en machos nupciales la coloración es pardo obscuro. El macho nupcial se distingue de la hembra por su aleta anal de mayor tamaño y la presencia de estructuras crecientes en las escamas y aletas impares (Ruiz-Campos et al., 2000b).

Distribución General: Los registros en aguas continentales son desde Morro Bay, California, E.U.A. (Miller y Lea, 1972) hasta Arroyo El Carmen (San Miguel), Baja California, México (Miller, 1943; Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2000b).

Registros Locales Históricos: Bocanas de los arroyos Cantamar, El Descanso y La Misión; Arroyo La Misión, lagunita El Ciprés y bocana del Arroyo San Simón en Ejido El Papalote (Ruiz-Campos et al., 2000b).

## Familia Mugilidae



*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 (Fotografía: G. Ruiz-Campos).

Nombre Común: Lisa cabezona/ Striped mullet.

Descripción: Cuerpo moderadamente robusto y algo comprimido; hocico un poco angosto y puntiagudo, siendo su perfil superior menos oblicuo que el interior. Dorso azul oscuro, lados plateados con rayas oscuras conspicuas a lo largo de cada hilera de escamas, y vientre amarillo pálido. Espacio interorbital ligeramente convexo, cabe 2 a 2.5 veces en la longitud cefálica. Segunda aleta dorsal sin vaina escamosa, con solamente una serie de escamas pequeñas detrás de cada radio. Altura máxima del cuerpo y longitud cefálica caben de 3 a 4 veces y 3.6 veces en la longitud patrón, respectivamente. Primera aleta dorsal con 4 a 5 espinas, y la segunda con 1 espina y 6 a 8 radios; origen de la primera dorsal casi equidistante al extremo anterior de la cabeza y a la base del pedúnculo caudal; aleta anal con 3 espinas y 7 a 9 radios. De 37 a 43 escamas en una serie media lateral (Ruiz-Campos et al., 2000b).

Distribución General: Especie circumtropical, pero también presente en muchas regiones templadas (límite del área generalmente con la isoterma superficial de 15 °C); en el Pacífico oriental se distribuye desde Monterey, California (Miller y Lea,

1972) hasta Chile, incluyendo el Golfo de California y las Islas Galápagos (Fischer *et al.*, 1995; Ruiz-Campos *et al.*, 2000b).

Registros Locales Históricos: Arroyo La Misión (Follett, 1960), y bocana del Arroyo San Simón ca. Lázaro Cárdenas (Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, 1987; Ruiz-Campos *et al.*, 2000b).

### **Familia Poeciliidae**



*Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) (Fotografía: G. Ruiz-Campos.)

Nombre Común: Pez mosquito/ mosquitofish.

Descripción: Cuerpo pardo oliváceo brillante, con el borde de las escamas oscuras. Algunos individuos con una barra de melanóforos cerca del ojo, como también transversal a la parte basal de los radios caudales. De 20 a 32 escamas en serie lateral, dorsal con 7 a 9 radios. Aleta anal de los machos transformada en un gonopodio; aleta anal de la hembra con 8 a 10 radios. Macho de menor tamaño (40 mm LT) y menos abundante que la hembra (65 mm LT) (Ruiz-Campos *et al.*, 2000b).

Distribución General: Cuenca del Río Mississippi desde Indiana e Illinois central, U.S.A. hacia el sur a través de la vertiente del Golfo de México hasta el norte de Veracruz, México (Álvarez, 1970; Page y Burr, 1991; Ruiz-Campos et al., 2000b).

Registros Locales Históricos: Río Tijuana; arroyo s/n 23 km al sureste de Tecate, Valle de Las Palmas; Ojos Negros a 42 km al Este de Ensenada; Arroyo Guadalupe en el valle de Santa Rosa y en el poblado La Misión, y Arroyo San Simón al sur de San Quintín (Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2000b).

### **Familia Centrarchidae**



*Lepomis cyanellus* Rafinesque, 1819 (Fotografía: G. Ruiz-Campos).

Nombre Común: Mojarra verde/ green sunfish.

Descripción: Boca grande, mandíbula superior se extiende más allá de la pupila del ojo; cuerpo moderadamente esbelto. Aletas pectorales cortas y redondeadas, no alcanzando usualmente a pasar el ojo cuando son dobladas hacia adelante. Margen posterior del opérculo rígido (excluyendo la prolongación auricular). Línea lateral con 41 a 53 escamas; radios pectorales de 13 a 14, y anales 9. Dorso y lados del cuerpo verde azulado, con motas verde-amarillo metálico en los lados; una serie de líneas verdes débiles sobre la mejilla y opérculo. Adultos con una mancha negra en

la parte final de la base de la segunda aleta dorsal y de la anal (Ruiz-Campos et al., 2000b).

Distribución General: Nativa de las cuencas de los Grandes Lagos, Bahía Hudson, Mississippi, desde Nueva York y Ontario hasta Minnesota y Dakota del Sur, y en el sur hasta las vertientes del Golfo de México, incluyendo la cuenca del Río Bravo (Grande). Introducida en gran parte de los Estados Unidos de América (Page y Burr, 1991) y norte de México (Contreras-Balderas y Escalante-Cavazos, 1984; Ruiz-Campos et al., 2000b).

Registros Locales Históricos: Río Tijuana; un arroyo entrando en la esquina suroeste del valle de Santa Rosa, 32.2 km S Ensenada (Follett, 1960); y Arroyo San Miguel (Ruiz-Campos et al., 2000b).

**Anexo II. Comparación paisajística de la Lagunita El Descanso, municipio de Rosarito, Baja California, México, en diferentes años en el período 1996-2022.**



Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante noviembre de 1996 (Fotografía: G. Ruiz-Campos).



Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante marzo de 2011 (Fotografía: G. Ruiz-Campos).



Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante mayo de 2011  
(Fotografía: G. Ruiz-Campos).



Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante febrero de 2020  
(Fotografía: G. Ruiz-Campos).



Lagunita El Descanso, Rosarito, Baja California, México, durante abril de 2022  
(Fotografía: G. Ruiz-Campos).



Vista aérea de la bocana del Arroyo El Descanso y la lagunita adyacente,  
Rosarito, Baja California, México. Octubre 2010.



Amenazas por cambio de uso de suelo en dunas adyacentes en la lagunita El Descanso. Febrero de 2020. Fotografía: Iván Meza Matty.