



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Ciencias



Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas

TESIS

“EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO-GENÉTICO POBLACIONAL DE
PASSERCULUS SANDWICHENSIS BELDINGI, EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA,
BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA
CONSERVACIÓN DE ESTE HUMEDAL”

Para obtener el grado

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

Hiram Rafael Moreno Higareda

Ensenada, Baja California, México, Diciembre de 2020.

Carta de aprobación
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Ciencias
Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas

TESIS

“EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO-GENÉTICO POBLACIONAL DE
PASSERCULUS SANDWICHENSIS BELDINGI, EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA,
BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA
CONSERVACIÓN DE ESTE HUMEDAL”

Para obtener el grado

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

Hiram Rafael Moreno Higareda



Dr. Gorgonio Ruiz Campos
Director



Dr. Manuel Alejandro Carballo Amador
Codirector



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera
Sinodal



Dra. Amelia Portillo López
Sinodal



Dr. Carlos Ballesteros Córdova
Sinodal

Ensenada, Baja California, México, Diciembre de 2020.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	7
METODOLOGÍA.....	7
ÁREA DE ESTUDIO.....	9
Capítulo I.....	11
ÉXITO Y CARACTERÍSTICAS DE ANIDACIÓN DEL GORRIÓN SABANERO DE BELDING EN UNA MARISMA DE MÉXICO.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
METODOLOGÍA.....	15
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN.....	26
REFERENCIAS	31
Capítulo II.....	34
ESTADO POBLACIONAL DEL GORRIÓN SABANERO DE BELDING (<i>PASSERCULUS SANDWICHENSIS BELDINGI</i>) EN UNA MARISMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.....	34
METODOLOGÍA.....	39
RESULTADOS	42
DISCUSIÓN.....	47
REFERENCIAS	50
Capítulo III.....	52

**ANÁLISIS GENÉTICO MITOCONDRIAL DEL GEN ND2 EN EL GORRIÓN
SABANERO DE BELDING EN ESTERO DE PUNTA BANDA, BAJA CALIFORNIA,
MÉXICO.**

.....	52
INTRODUCCIÓN.....	53
METODOLOGÍA.....	56
RESULTADOS	60
DISCUSIÓN.....	63
REFERENCIAS	67
Capítulo IV.....	69
ANÁLISIS DE IMPACTOS Y AMENAZAS	69
INTRODUCCIÓN.....	70
METODOLOGÍA.....	72
RESULTADOS	79
DISCUSIÓN.....	87
RECOMENDACIONES DE MANEJO DEL HABITAT DE BELDING'S SAVANNAH SPARROW (<i>Passerculus sandwichensis beldingi</i>).....	90
REFERENCIAS	92

“La zona costera, definida como la franja marina y terrestre donde el océano y el continente se influncian mutuamente, es intrínsecamente conflictiva, porque reúne una gran variedad de ambientes naturales que propician su uso para propósitos muy diferentes, no siempre compatibles.”

Escofet, I. A. (1994).

INTRODUCCIÓN

Los humedales costeros son una fuente de innumerables servicios ecosistémicos (De Groot, 2002), por esto son presa fácil de la intervención antrópica desmedida, que, en el sentido extremo, pueden llevarlos a su no recuperación (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012). Es por ello por lo que es importante desarrollar planes de manejo eficaces para su aprovechamiento y conservación.

En la península de Baja California existen una serie de humedales relevantes, a lo largo de toda la vertiente oriental del océano pacífico (Martínez-Ríos *et al.*, 2012), que son como una cadena de eslabones dentro de la ruta migratoria del pacífico (Palacios *et al.* 1991, Ruiz-Campos *et al.*, 2005). Es por esto importante, el estudio y manejo de estos hábitats críticos, con el objetivo de evitar la pérdida de especies en áreas utilizadas para actividades reguladas y no reguladas, como la agricultura, el turismo y los desarrollos inmobiliarios. Para mitigar dichos impactos, es necesario determinar la composición, cantidad y configuración de elementos que se requieren para satisfacer las necesidades de las especies presentes (Lambeck, 1997), además de estudios base de carácter ecológico poblacional, para determinar que todas las especies tanto migratorias como residentes puedan conservarse.

Bajo el modelo de especie prioritaria se evaluará en tres ejes a la subespecie de gorrión sabanero, *Passerculus sandwichensis beldingi*, (Gmelin, 1789), confinada a los humedales y

marismas de norte América especialmente a la zona mediterránea de Californias, EE. UU. A. y Baja California, México, (Wheelwright & Rising 2008).

Los ejes temáticos de este trabajo se circunscriben a los siguientes: (1) Estado ecológico poblacional, (2) estado genético-filogeográfico de linajes maternos, y (3) estado actual del hábitat y sus componentes ambientales. Lo anterior es con la finalidad de desarrollar una herramienta de peso y valor para su aplicación para el manejo y conservación de esta especie y su hábitat.

OBJETIVOS

General

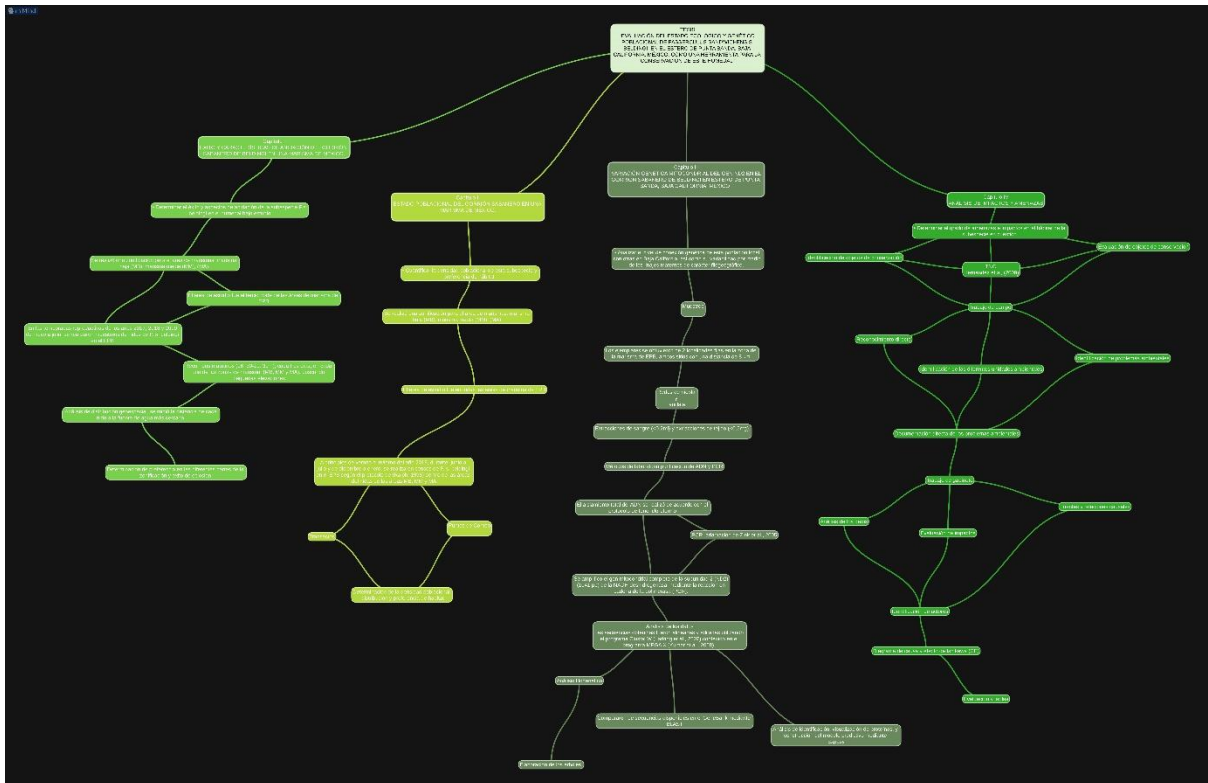
- Evaluar el estatus ecológico y genético actual de la subespecie de gorrión sabanero, *Passerculus sandwichensis beldingi*, y su hábitat, en el Estero de Punta Banda, Baja California, México, como una herramienta para generar una propuesta de conservación.

Específicos

- Determinar el éxito y aspectos de anidación de la subespecie *P.s. beldingi* en el humedal bajo estudio.
- Cuantificar la densidad poblacional de esta subespecie y preferencia de hábitat.
- Analizar el nivel de conexión genética de esta población local con relación de otras en Baja California, así como su variabilidad por medio de los linajes mitocondriales a partir del gen NADH 2.
- Determinar el grado de amenazas e impactos en el hábitat de la subespecie en cuestión.

Metodología

Diagrama metodológico (imagen en HD, para visualizar aumentar el zoom)



ÁREA DE ESTUDIO

El Estero de Punta Banda (EPB) es un sitio prioritario para la conservación, designado como el sitio Ramsar No. 1604 en 2006 (<https://rsis.ramsar.org/ris/1604>). Esta designación fue otorgada por su diversidad de hábitats, ya que se le considera óptimo para el descanso y alimentación de diversos organismos, en particular para especies de aves que lo habitan en forma permanente o durante su migración y residencia invernal (Jiménez *et al.*, 2009). Este ecosistema se identifica como un eslabón importante en la ruta migratoria del Pacífico (Palacios *et al.*, 1991, Ruiz-Campos *et al.*, 2005).

Algunas de las especies de aves que residen en el EPB están bajo algún tipo de protección especial en México y en EE. UU. A (Massey y Palacios 1994). Una de estas es la subespecie de gorrión sabanero *Passerculus sandwichensis beldingi*. La especie fue nombrada por Alexander Wilson para la ciudad de Savannah, GA, EE. UU. A. donde se recolectó el espécimen tipo.

El Estero de Punta Banda (EPB) es un humedal sub-estuarino (Dugan 1992) localizado en la vertiente oriental del Pacífico Bajacaliforniano, N 31° 40' - 31° 48' y W 116° 40' - 116° 34', 13 km al sur de la ciudad de Ensenada, Baja California, México. Tiene un área de 2,393.266 ha, cuenta con una barra arenosa con una longitud aproximada de 8 km que forma una laguna costera en forma de L que protege al área de marismas, donde se encuentran canales y charcas de marea. Estas marismas se extienden en un área aproximada de 326 ha (Jiménez *et al.*, 2009).

El EPB cuenta con la influencia ocasional de agua dulce durante eventos pluviales de invierno, los cuales oscilan entre 200 a 400 mm promedio anual, (Ibarra y Poumian 1991). Los

aportes de agua provienen de dos cuencas hidrológicas, por medio de los arroyos San Carlos y Las Ánimas (Pritchard *et al.*, 1978).



Capítulo I

ÉXITO Y CARACTERÍSTICAS DE ANIDACIÓN DEL GORRIÓN SABANERO DE BELDING EN UNA MARISMA DE MÉXICO.

Hiram Rafael Moreno-Higareda, Juana Claudia Leyva-Aguilera, Gorgonio Ruiz-Campos *

Resumen

Se describe la presencia, estructura, número de huevos y éxito de eclosión de los nidos de *Passerculus sandwichensis beldingi*, en el Estero de Punta Banda (EPB), Ensenada, Baja California, México. Un ave protegida en México y Estados Unidos, durante las temporadas de anidación de 2017, 2018 y 2019. El número de huevos por nido vario de 2 a 4 (3.06 ± 0.05) y un éxito de eclosión de 73%. La densidad de nidos por zona de marisma fue: 13.8% en marisma baja, 19.4% marisma media y en marisma alta 66.6%. La distancia promedio de los nidos a una fuente de agua fue ($47.67\text{m} \pm 10.97$). Existe preferencia de anidación por la zona de marisma alta $P < 0.02$. Se encontró una fuerte asociación entre la cobertura vegetal dominante de, *Salicornia spp.* y la presencia de los nidos. En este estudio se discute la situación de amenazas-riegos en el futuro de *P. s. beldingi* en el EPB. Se propone que los sitios con una elevación mayor al nivel medio de marea sean considerados como críticos para la anidación y el éxito reproductivo de esta subespecie costera.

Palabras clave: Especie amenazada, Natalidad, Perdida de nidos.

Abstract

The presence, structure, number of eggs, and hatching success of the nests of *Passerculus sandwichensis beldingi* in the Estero de Punta Banda (EPB), Ensenada, Baja California, Mexico are described. A protected bird in Mexico and the United States during the nesting seasons of 2017, 2018, and 2019. The number of eggs per nest varied from 2 to 4 (3.06 ± 0.05), and hatching success of 73%. The density of nests per marsh zone was: 13.8% in the low marsh, 19.4% in the medium marsh, and 66.6% in the high marsh. The average distance from the nests to a water source was ($47.67\text{m} \pm 10.97$). There is a nesting preference for the high marsh zone $P < 0.02$. A strong association was found between the dominant vegetation cover of *Salicornia spp.* and nests' presence. In this study, the threat-risk situation in the future of *P. s. beldingi* at the EPB. It is proposed that sites with an elevation greater than the mean tidal level be considered critical for this coastal subspecies' nesting and reproductive success.

Keywords: Threatened species, Natality, Loss of nests.

*autor de correspondencia gruiz@uabc.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del éxito de anidación y los factores que lo afectan en una especie en peligro de extinción es fundamental para la conservación y sustento de sus poblaciones. En el presente trabajo, se muestran los primeros registros sistemáticos de la actividad de anidación y las características ambientales de *Passerculus sandwichensis beldingi* Ridgway (1884), en una marisma del noroeste de Baja California en México.

Si bien el Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) incluye a esta subespecie como amenazada, no existen programas ni estudios para el manejo de esta forma infre-específica, ni mucho menos del estado actual de sus poblaciones en los diferentes lugares donde se encuentra el gorrión en México. En contraste con los Estados Unidos de América, donde está en peligro de extinción y se ha estudiado en extenso en el estado de California.

Powell y Collier, (1998) señalan que *P.s. beldingi* es una de las especies de aves dependientes de los humedales y marismas costeras en el sur de California y el noroeste de Baja California. Más del 75% de los hábitats de humedales costeros de California se han perdido o degradado (Wiley y Zembal 1989). El resto de estos humedales se encuentran en peligro de desaparición debido al aumento de la población humana y al desarrollo costero. Por esta razón, la especie en cuestión fue agregada a la lista de especies en peligro de extinción por el estado de California en 1974 (Zembal *et al.*, 1988).

Esta ave no migratoria es residente en las marismas costeras en la vertiente oriental del Océano Pacífico de América del Norte, desde el condado de Santa Bárbara hasta las marismas de San Diego, California, EE. UU. A. y hacia el sur a lo largo de la costa noroeste. de Baja California, en México, incluidas las Islas Todos Santos (Van Denburgh, 1924), hasta El Rosario, México (Zembal *et al.*, 1988). Bradley (1994) sugirió que todas las poblaciones de

este gorrión están aisladas y tienen poca dispersión, además señala que; no existe un estudio a profundidad que examine la inmigración y emigración de estos gorriones.

El gorrión sabanero de Belding es una de las 18 subespecies actualmente reconocidas de gorrión de la sabana (*Passerculus sandwichensis*) (Dickinson y Christidis, 2014), una de las aves cantoras más extendidas de Norteamérica con poblaciones en una gran variedad de entornos desde tundra, pradera, humedales de agua dulce y marismas saladas (Wheelwright y Rising, 2008).

El gorrión de sabana de Belding tiene los siguientes promedios morfométricos de 115-142 mm de longitud total, 66,5 mm de longitud en alas, 48,3 mm de longitud de cola, 12,1 mm en longitud del culmen y 20,7 mm de longitud del tarso. Presentan ligeras variaciones en sus coloraciones tienen un patrón nítido y contrastante que muestra una raya amarillenta sobre el ojo, una raya blanca tenue en la corona, cola corta y patas rosadas. (Van Roseem, 1947; Rising, 2001).



Figura 1. Adultos del gorrión sabanero de Belding, *Passerculus sandwichensis beldingi*, de localidades costeras del noroeste de Baja California. Fotografías Gorgonio Ruiz-Campos y Hiram Moreno-Higareda.

Los adultos tienen el pico moderadamente corto, cónico y rosado con culmen oscuro; la cara suele ser marrón con supercilio más claro y amarillo en la región supraloral, con una línea ocular oscura (Figura 1). La coronilla, la nuca y la parte dorsal son de color crema con rayas anchas de color marrón oscuro y marrón claro, con una pequeña mancha central no siempre presente o distinguible. Las alas y la cola son de color marrón oscuro, las puntas de color marrón dorado a marrón rojizo, generalmente con dos barras claras en las alas. El vientre y el cuello blancos con líneas males oscuras, rayas marrones en el pecho (Wheelwright y Rising 1993; Rising, 2001).

Los polluelos al nacer poseen una piel desnuda de color rosado, con algunos mechones de gris pizarra hacia abajo en la cabeza y en sus alas. Cinco a seis días después de la eclosión, el plumón es reemplazado por plumas juveniles de color marrón grisáceo (Wheelwright y Rising 2008). En este momento los volantones son fáciles de diferenciar porque presentan tonos amarillos en el pico y las plumas aún inmaduras, con plumas de cola cortas, lo que provoca sus vuelos erráticos por toda la marisma. Los gorriónes juveniles tienen un plumaje similar al de los adultos, pero la raya amarilla de la ceja es difusa o muy puntual y corta; la coloración general suele ser más ligera (Figura 2).

En cuanto a las tendencias de color correlacionadas con el sexo, existe una tendencia en los condados de Ventura y Santa Bárbara, California, EE. UU. A. y en las Islas Todos Santos a que los machos sean más grises y las hembras más pardas, pero en otros lugares esto no sucede. Adicionalmente, existe un dicromatismo con tendencia a manifestar los colores del gris sin perder el patrón presente en muchos individuos (Van Roseem, 1947; Wheelwright y Rising 2008).

Por lo general, sus vuelos son cortos y bajos, convirtiéndose en movimientos casi crípticos (<1m), siempre asociados a la cobertura vegetal. Este comportamiento se intensifica

durante la actividad de cría, a expensas de algunos vuelos para buscar alimento o reubicar sus bandadas por el hábitat, superando los 15 m de altura. (Wheelwright y Rising, 1993; Wheelwright y Rising, 2008).



Figura 2. Juvenil de *Passerculus sandwichensis beldingi*, en Estero Punta Banda, Baja California, México, 19 de junio de 2017. Fotografía Hiram Moreno-Higareda.

Asimismo, la actividad de cría muestra un tipo particular de conducta, como el cortejo y la persuasión territorial. Debido a que los machos alejan a otros machos de su territorio de anidación persiguiéndose, y las hembras atacan a otras hembras, lo que se ha interpretado como un posible comportamiento que regula la monogamia. (Wheelwright y Rising, 2008).

Este gorrión costero se reproduce durante la primavera y principios de verano, pero observamos una diferencia en esta actividad, con una actividad baja durante la primavera que aumenta en el verano. Massey (1979) y Powell (1998) muestran que esta subespecie prefiere anidar en las zonas litorales medias y superiores de las marismas costeras en el sur de California y noroeste de Baja California, construyendo su nido sobre la vegetación emergente. Powell (1993) identificó las siguientes especies de plantas en las diferentes zonas de las marismas

costeras del sur de California; marisma alta (*Cordylanthus maritimus*, *Cressa truxillensis*, *Distichlis spicata*, *Juncus acutus*, *Lasthenia glabrata*, *Limonium californicum*, *Monanthochloe littoralis*, y *Salicornia subterminalis*), marisma media (*Cuscuta salina*, *Frankenia salina*, *Jaumea carnosa*, *Salicornia virginica*, *Suaeda esteroa*, y *Triglochin concinnum*) y marisma baja (*Batis maritima*, *Salicornia bigelovii*, y *Spartina foliosa*); todas estas plantas halófilas son capaces de resistir cambios en la salinidad del suelo, siendo promovida su presencia por la exclusión de las mareas en las marismas (Ibarra-Obando y Poumian-Tapia, 1991).

El material de confección de sus nidos es a base de pasto salado (*Distichlis spicata*) y otros materiales vegetales, con una forma a manera de a una copa de vino (Figura 3). Estos tienen una funda exterior de tejido grueso que se adapta a las diferentes estructuras de soporte y una interior elaborado con materiales más delgados, formando un pequeño disco en el fondo interior. Características que comparten con otra subespecie del norte de su distribución, el gorrión de sabana de Bryant (*Passerculus sandwichensis alaudinus*) (Shuford y Gardali, 2008) y de la misma manera con el gorrión de sabana pico grande (*Passerculus sandwichensis rostratus*), pero ésta usa (*Distichlis palmeri*) que abunda en hábitats de marisma de la región del Delta del Río Colorado, y sus nidos carecen de revestimiento interno (Bancroft, 1927).

La hembra de *P.s. beldingi* produce de 1 a 4 huevos con un promedio de 3.2 huevos por nido, la duración de la anidación es aproximadamente 13.2 días y el tiempo de permanencia en el nido varía de 7 a 11 días. Solo las hembras se dedican a la incubación, ajustando su ritmo de atención directamente a la temperatura de los huevos, independientemente de las fluctuaciones diurnas de la temperatura ambiental (Davis, 1984). Aun así, el cuidado parental de la descendencia por parte de ambos padres es habitual en esta subespecie. Las hembras pueden producir un segundo nido, si este no tiene éxito, a veces más, en una temporada de reproducción (Wheelwright y Rising, 1993).



Figura 3.- Nido No. 36 de *Passerculus sandwichensis beldingi* con tres huevos. Situado a 36 m de un canal de marea. Consulte la Tabla 1 para conocer la ubicación. El nido fue encontrado a la sombra de *Salicornia bigelovi* y pastos como *D. spicata* y *S. foliosa* como sustrato de soporte. Diámetro 8 cm, alto 18 cm. Fotografía de Hiram Moreno-Higareda, 10 de julio de 2019.

La información relacionada con la actividad de anidación de este gorrión es sustancial para el estado de California con publicaciones sobre aspectos poblacionales, hábitats de anidación entre otras (Bradley 1973; Massey 1977; Zembal *et al.*, 1988; James y Stadtlander 1991; Powell 1993, 1998; Zembal y Hoffman 2001, 2006, 2010). La mayoría de estos estudios son en el sur de California, y algunos cercanos a la frontera con México en el estuario de Río Tijuana. Solo hay un informe técnico de Ballesteros-Barrera y Escalante-Pliego (2008) para la parte mexicana que ayudó a incluir a la subespecie en cuestión en la lista de especies con protección en la norma oficial mexicana vigente (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Este trabajo fue desarrollado en el sitio Ramsar No. 1604, Estero de Punta Banda (EPB), un humedal de importancia internacional en México en el noroeste de Baja California, también considerado como un humedal eslabón en la ruta migratoria del Pacífico (*Pacific-Flyway*) que

es utilizado como sitio de reproducción, descanso y alimentación de muchas aves (Palacios *et al.*, 1991; Ruiz *et al.*, 2005; Jiménez *et al.*, 2009). Varias de las especies de aves que residen en esta marisma se encuentran bajo protección en México (NOM-059-SEMARNAT, 2010) y los Estados Unidos de América (Massey y Palacios 1994), como el Ridgway's Rail (*Rallus o. levipes*) y el Gorrión Sabanero de Belding por mencionar solo algunos. Un nuevo método para establecer el éxito de anidación de este gorrión en una marisma del noroeste de Baja California es aquí desarrollado.

METODOLOGÍA

El área de estudio en el Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico (Figura 4), se encontró en la zona norte de las marismas que representa un tercio de área total, con una extensión de 107 ha. Basado en la descripción de la vegetación de Ibarra-Obando y Poumian-Tapia (1991) y Delgadillo et al. (1992), se realizó una zonificación para el área de marismas: marisma baja (MB), delimitada desde el nivel de marea más baja hasta donde termina la presencia de *Spartina foliosa*; la marisma media (MM), delimita los niveles más bajos y más altos de presencia de *Salicornia bigelovii*, *Batis maritima*, y la marisma alta (MA), que se establece desde la parte superior de la presencia de *Salicornia bigelovii*, hasta donde termina la vegetación de *Salicornia subterminalis*, donde las elevaciones más altas del humedal tienen los suelos más secos y las más altas salinidades del suelo.

En las temporadas reproductivas de los años 2017, 2018 y 2019 de mayo a julio, se realizaron muestreos de nidos de *P. s. beldingi* en el EPB de acuerdo con las recomendaciones del protocolo de Conway (2009), y la selección de los meses se basó en Zembal, (1988) y en observaciones preliminares de ocurrencia desde 2014. Se llevaron a cabo recorridos matutinos (06: 30-10: 30 h), cada tres días, en cada una de las zonas de marisma, (MB, MM y MA), buscando pequeñas elevaciones. Una vez localizadas, se inició una búsqueda intensiva de nidos en cada una de las zonas de marisma. Cada nido encontrado fue georreferenciado (Mapa 1) y monitoreado continuamente hasta la eclosión de todos los huevos.

De forma complementaria, se implementó un análisis de distribución geoespacial, se midió la distancia de cada nido a la fuente de agua más cercana (canales de marea, charcas, etc.), así como la distancia entre ellos, destacando la distancia mínima, debido a su comportamiento territorial, así como para determinar una preferencia en las diferentes partes de la zonificación. Para la determinación taxonómica y clasificación del ave, se siguió la nomenclatura y taxonomía de la subespecie según la Unión Ornitológica Americana (Chesser

et al., 2018). Las predicciones de marea en el (EPB) se obtuvieron del programa de mareas CICESE (PredMar 2019).

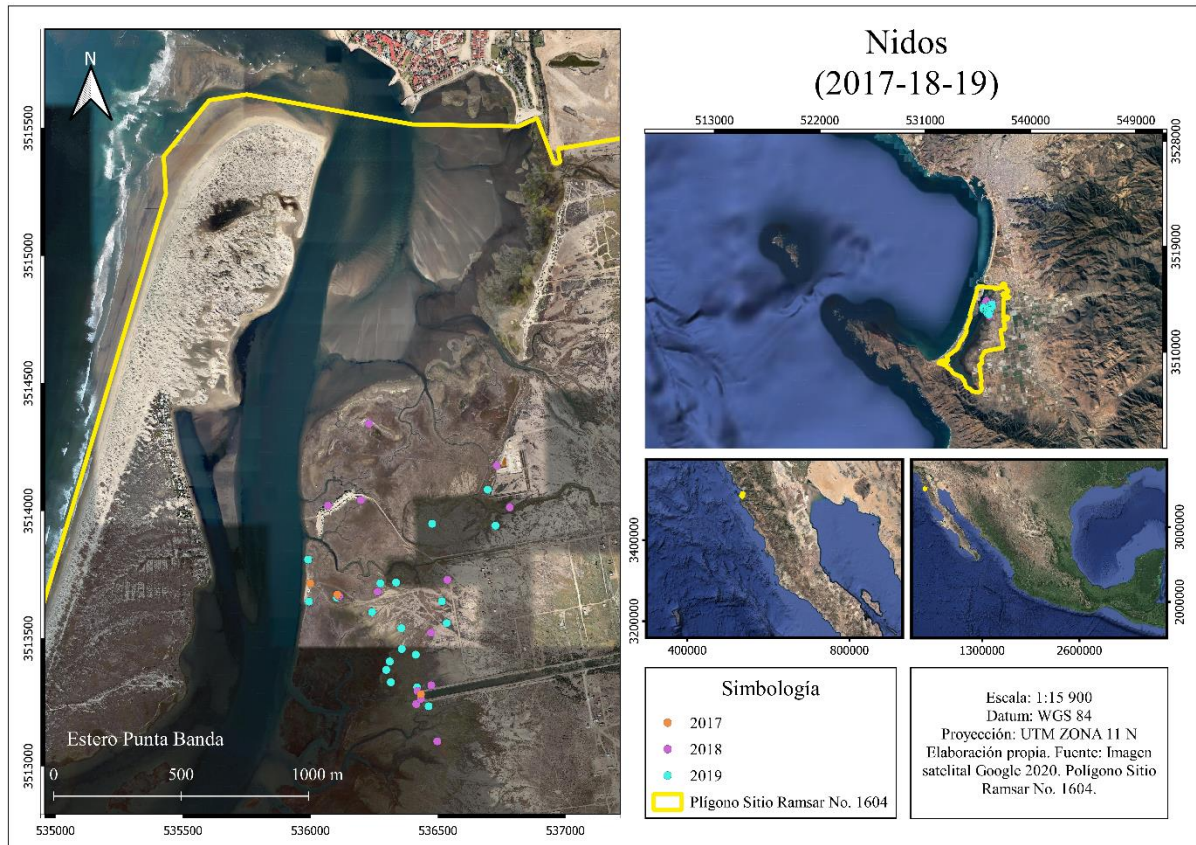


Figura 4. Localización del área de estudio en Estero de Punta Banda, Ensenada, Baja California, México, y de los sitios de detección de anidación de *Passerculus sandwichensis beldingi* en hábitats de marisma en el periodo de 2017 a 2019.

RESULTADOS

Se encontraron 36 nidos de *P.s. beldingi* durante el periodo de estudio, 3 en 2017, 14 en 2018 y 19 en 2019. El porcentaje de eclosión fue mayor en MA (81%) en comparación con MM y MB (68% y 61%, respectivamente) (Figura 5). La proporción promedio de eclosión en los nidos para los tres años combinados fue 0.73 (73%) y el promedio del número de huevos por nido fue 3.06 (Figura 6). No hubo diferencias significativas en el número de huevos por nido entre los años estudiados (Kruskal-Wallis $H=0.16$ $p<0.30$). Del total de nidos detectados ($n=36$), una mayor preferencia de anidación fue observada en MA con 24 casos, comparado con MM y MB con siete y cinco casos, respectivamente ($\chi^2 8.1$ $p<0.02$) (Cuadro 1). La densidad de nidos estimada fue 2 a 3 por hectárea potencial para la actividad de anidación.

Cuadro 1. Total, de nidos detectados y éxito de eclosión de *Passerculus sandwichensis beldingi* en las tres zonas de marisma en el Estero Punta Banda, Baja California, México, durante 2017 a 2019. Marisma Baja (MB), Marisma Media (MM), Marisma Alta (MA), Desviación Estándar (DE), y Error estándar (EE).

Zona	Nidos detectados	Total de huevos	Promedio de huevos por nido	Éxito de eclosión (%)	DE	EE
MB	5	15	3	60	0.55	0.24
MM	7	22	3.14	68	0.47	0.18
MA	24	73	3.04	82	0.35	0.07

En 2017, todos los nidos se perdieron a mitad de temporada debido a mareas extraordinarias que inundaron los sitios de muestreo en la marisma. Para este mismo año se documentó la pérdida de cinco nidos por marea alta con oleaje extraordinario, otros dos por posible depredación (nidos # 7 y 31) y 1 nido abandonado (nido # 8) (Cuadro 3). Se observó que los nidos que se encuentran en lugares con una elevación mayor que el nivel de marea máximo, experimentaron cerca del 90% de éxito de eclosión. En algunos casos, el éxito de eclosión fue <100% (35-75%), especialmente en los nidos # 4, 13, 18, 21, 26 y 27. El nido número 13 tuvo 35% de éxito de eclosión.

La distancia promedio de cada nido a la fuente de agua más cercana para toda el área de marisma fue 47.7 ± 9.4 m, correspondiendo 13.1 m para (MB), 17.3 (MM), y 63.7 m (MA) (Cuadro 4). El intervalo de distancias entre nidos fue 15 a 90 m, el año 2019.

Los componentes y caracteres de los nidos fueron notablemente similares, encontrándose la única variación en los sitios o puntos de anidación (Figura 5). No se registró diferencias notables en la composición, posición, inclinación de los nidos. Todos los nidos fueron contruidos de material vegetal seco de las gramíneas nativas *Distichlis spicata* y *Spartina foliosa*, con una altura entre 5 y 18 cm del suelo. Material en el nido como plumas de aves (e.g., *Limosa feoda*) fueron detectadas, y el diámetro promedio del nido fue 6 cm (Figura 7). Es importante mencionar que la subespecie *P. s. beldingi* reutiliza los mismos nidos, ya que se observó una recurrencia de anidación con base en algunos nidos monitoreados desde temporadas pasadas.

Cuadro 2. Distancia mínima a una fuente de agua de los nidos de *Passerculus sandwichensis beldingi* en las marismas de Estero Punta Banda (EPB), Baja California, en tres zonas: Marisma Baja (MB), Marisma Media (MM) y Marisma Alta (MA). DS - Desviación estándar ES - Error estándar.

Zona	Distancia mínima a una fuente de agua (m)	DS	ES
MB	13.10	9.94	4.45
MM	17.29	10.97	4.14
MA	63.73	62.93	12.85



Figura 6. Nido # 2 de *Passerculus sandwichensis beldingi* con 3 huevos afectados por la marea alta, situado a 6.5 m de distancia de un canal de marea. Ver Cuadro 1 para ubicación. El nido fue encontrado a la sombra de *Salicornia bigelovi* y con pasto salado (*Distichlis spicata*) como sustrato de apoyo. Diámetro del nido 6 cm, altura del nido desde el suelo 15 cm. Fotografía Hiram Moreno Higareda, 6 de junio de 2017.



Figura 7. (1) nido # 23 de *Passerculus sandwichensis beldingi* sin pollos. Se observa el volumen de plumas de otras aves en la parte interna del nido, situado a 31 m de un canal de marsima. Ver Cuadro 1 para la ubicación del nido en la marsima. (2) nido encontrado a la sombra de (*Salicornia bigelovi*) y con pasto salado (*Distichlis spicata*) como sustrato de soporte. Diámetro del nido de 9 cm y altura desde el suelo 20 cm. Fotografía Hiram Moreno-Higareda, 3 de julio de 2019.

Cuadro 3. Frecuencia de eventos nocivos en la anidación de *Passerculus sandwichensis beldingi* en las tres zonas de marisma en el Estero de Punta Banda, Baja California, México, durante tres años consecutivos (2017-2019).

Zona Evento	MB	MM	MA	Total
Depredacion	0	0	2	2
Afectación por marea	2	2	1	5
Abandono	1	0	0	1
Total	3	2	3	8

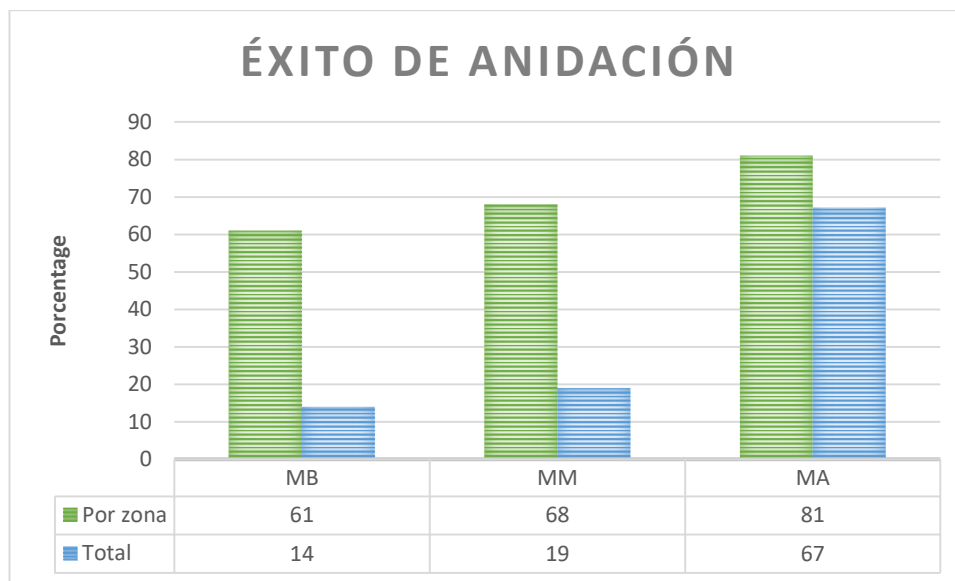


Figura 2.- Éxito de anidación de *Passerculus sandwichensis beldingi* las barras verdes representa el porcentaje por zona y las barras azules el porcentaje representativo en el trabajo general.

Zona	Total de nidos	Total de huevos	Promedio de huevos por nido	Éxito de eclosión (%)	DS	ES
MB	5	15	3	60	0.55	0.24
MM	7	22	3.14	68	0.47	0.18
MA	24	73	3.04	82	0.35	0.07

Tabla 2. - Estimaciones del total de nidos y su éxito de eclosión de *Passerculus sandwichensis beldingi* en las marismas de Estero Punta Banda (EPB), Baja California en tres zonas: Marisma Baja (MB), Marisma Media (MM) y Marisma Alta (MA). DS - Desviación estándar ES - Error estándar.

DISCUSIÓN

Este trabajo, además de ser el primero en evaluar el éxito de anidación en una marisma costera de México, utiliza una metodología diferente a la utilizada por otros autores en el sur de California (Powell, 1993), cuyas estimaciones fueron basadas en caracterizaciones conductuales como una aproximación (Vickery *et al.*, 1992) y no en conteos directos de los nidos. En este sentido, el uso de aproximaciones basado en aspectos conductuales de los adultos reproductivos propicia una menor precisión en el conteo de los nidos, ya que los individuos no necesariamente se encuentran en el sitio específico de su nido, principalmente durante su alimentación, además de emitir cantos de proclamación de territorio lejos del nido, posiblemente buscando una persuasión hacia los depredadores (Bradley 1973, Massey 1979).

La supervivencia de los polluelos no fue un objetivo en este trabajo porque se intentó limitar la perturbación del hábitat. (Figura 3 y Figura 4). Además, es importante mencionar que EPB es uno de los humedales intermedios para la población de este gorrión en el Bahía San Quintín y nunca ha sido un objetivo de estudio para esta subespecie.

Los nidos se construyeron en las cercanías de las especies vegetales de: *Batis maritima*, *Lymonium californianum*, *Jacumea carnosa* y *Suaeda esteroa*, a pesar de la presencia de dos asociaciones dominantes y conspicuas entre *Salicornia-Spartina* (Delgadillo *et al.*, 1992). La vegetación no registra una variación significativa a lo largo de las tres zonas, debido a que la diversidad de especies está determinada por la exclusión de mareas y la alta salinidad en el suelo (Ibarra-Obando y Poumian-Tapia 1991; Delgadillo *et al.*, 1992), teniendo las tres zonas diversos grados de superposición en la composición de la vegetación (Powell, 2006). Debido a esto se observa una relación crítica entre la influencia de las mareas y la vegetación de las marismas, así como con las características hidrológicas, donde las plantas y aves del salitral externo no desplacen a las que conforma el hábitat de este gorrión (Zembal *et al.*, 1985).

El número de huevos por nido fue similar para las tres zonas de la marisma (baja, media y alta), pero el número de nidos detectados fue diferente entre ellas, con una mayor incidencia en marisma alta, esto último concordante con lo reportado por Massey (1979) y Powell (1998) para esta misma subespecie en el sur de California. Es importante acotar una mayor actividad de reproducción en sitios con una elevación superior al estándar promedio de la marea, a pesar de que estos sitios estaban muy cerca de un canal de marea y dentro de zonas de inundaciones frecuentes. Basado en nuestras evaluaciones por conteo directo, estimamos de 2 a 3 nidos por hectárea de marisma para la actividad de anidación.

Con respecto a algunos casos que no experimentaron depredación o pérdida debido a las mareas y presentaron una variación en su éxito de eclosión, no se puede atribuir una causa específica a este evento; Wheelwright *et al.*, (2005) no encontraron diferencias significativas con respecto a la eclosión entre hembras jóvenes y mayores y afirman que el comportamiento de eclosión es muy innato, ya que la similitud entre las hembras de un año y las mayores sugiere que los aspectos fundamentales del comportamiento de incubación pueden ser innatos y no afectados por la experiencia reproductiva previa u otras variables relacionadas con la edad.

Los resultados de densidad de anidación presentados por Powell (1993) y aquellos de nuestro estudio, no se pueden comparar de manera directa, por haberse utilizado metodologías diferentes que aportan diferentes niveles de precisión. Nuestro estudio fue basado en el conteo directo de nidos detectados en el área de marisma, mientras que aquel de Powell (1993) en conteo de individuos mostrando una conducta reproductiva. En este sentido, el hecho de detectar individuos con conducta reproductiva en un punto específico de la marisma no necesariamente indica que representa el punto donde se encuentra el nido, ya que los individuos pueden ser detectados fuera de sus nidos durante las horas de alimentación, o bien, emitir canto de territorial lejos del nido.

El hábitat de marisma es muy similar con el estuario del Río Tijuana, compartiendo muchas características en fisiografía, biológicas y ecológicas, pero difieren en cuanto a las normas de protección federal existentes. El estuario del Río Tijuana es una reserva, mientras que el EPB solo tiene una clasificación como un humedal de importancia internacional y no es administrativamente restrictivo.

Fernández-Juricic *et al.*, (2009) reconocen una zona de amortiguamiento total de 2 ha. pues reduce los efectos de la perturbación peatonal, pero creemos que es una medida baja porque encontramos depredación en dos nidos, y uno de estos estaba cerca de un asentamiento comunitario irregular, siendo posible la depredación por mascotas en esta área.

A lo largo de todo este trabajo, solo pudimos documentar la pérdida de cinco nidos debido a las mareas. Este no es solo un problema exclusivo para este gorrión sino también para otras especies (Michelle *et al.*, 2006), como *Rallus obsoletus levipes* en este mismo sitio (Moreno-Higareda *et al.*, 2019).

El alto dinamismo de las mareas y sus variaciones en un día modelan directamente las condiciones ambientales en las marismas costeras, por lo que es importante, constituir un plan estratégico de acción para la conservación de los sitios con una elevación superior al estándar promedio de la marea, para hacer posible la conservación de este gorrión. Powell (1988), destaca el hecho de que, en el sur de California, el desarrollo que rodea las marismas costeras ha influido en el hábitat de las marismas altas porque generalmente es seco la mayor parte del año y es posible que no se haya definido como "humedal" antes de establecerse como una tierra no viable, la misma situación es homologa para el caso (EPB).

Las mareas en la costa del Pacífico de América del Norte son de naturaleza semi-diurnas. Existe un efecto notable de las mareas dentro del Estero de Punta Banda, donde hasta el 60%

del agua puede ser evacuado en un ciclo de mareas, variando el volumen total de agua pasando de 5,280,000 m³ a 17,180,000 m³ en sus mareas más activas (Moreno-Higareda et al., 2019).

Al ser la marisma alta el hábitat de mayor incidencia de anidación para el gorrión sabanero de Belding, propicia una situación de riesgo para el mismo (Greenberg et al., 2006), debido a que los nidos al estar ubicados lejos de una posible inundación por mareas se encuentran más cercanos del borde del humedal, donde los efectos por depredación y perturbación humana pueden ser mayores y negativos (Rosencranz, *et al.*, 2018). Se deben considerar las recomendaciones de Zedler (1988) y Swanson et al. (2014), para lograr un manejo integral del hábitat y las especies, por ejemplo, lograr un sitio de anidación seguro y adecuado.

Este trabajo se desarrolló en un tercio de la parte total de las zonas de marisma de este humedal, que también es el sitio con mayor fragmentación y perturbación ya que la cercanía con el desarrollo irregular costero es cada vez mayor, aunado con el tráfico de vehículos motorizados recurrente por ser un sitio atractivo y de fácil acceso para actividades recreativas como pesca, moto esquíes, en otras. Por tanto, nuestros resultados representan una primera evaluación sobre la situación actual de un humedal en México sin ningún título de protección gubernamental restrictivo. Sugerimos este sitio sea considerado como un área potencial para nuevos estudios sobre esta subespecie residente de gorrión sabanero, principalmente de tipo genético-poblacional y de conectividad con otras subespecies en el noroeste de México.

Anexo 1. Registro y seguimiento de los nidos localizados de *P. sandwichensis beldingi*, en el Estero de Punta Banda (EPB), durante las estaciones reproductivas de mayo a julio del año 2017, 2018 y 2019.

Numero	Año	Numero de huevos	Éxito de anidación (%)	Ubicación	Notas
1	2017	3	0,00	MM	Afectación por marea
2	2017	3	0,00	MA	Afectación por marea
3	2017	3	0,00	MB	Afectación por marea
4	2018	3	0,75	MM	
5	2018	4	1,00	MM	
6	2018	3	1,00	MM	
7	2018	3	0,00	MA	Depredado
8	2018	3	0,00	MB	Abandono
9	2018	2	1,00	MA	
10	2018	3	1,00	MA	
11	2018	3	1,00	MA	
12	2018	3	1,00	MA	
13	2018	3	0,35	MA	
14	2018	3	1,00	MA	
15	2018	3	1,00	MA	
16	2018	3	1,00	MA	
17	2018	3	1,00	MA	
18	2019	3	0,75	MA	
19	2019	4	1,00	MA	
20	2019	3	0,75	MA	
21	2019	3	1,00	MB	
22	2019	3	1,00	MM	
23	2019	3	1,00	MA	
24	2019	3	1,00	MB	
25	2019	3	1,00	MA	
26	2019	4	0,75	MA	
27	2019	3	0,00	MA	
28	2019	3	0,00	MM	Afectación por marea
29	2019	3	0,00	MB	Afectación por marea
30	2019	3	1,00	MA	
31	2019	3	1,00	MA	Depredado
32	2019	3	1,00	MA	
33	2019	3	1,00	MA	
34	2019	3	1,00	MA	
35	2019	3	1,00	MM	
36	2019	3	1,00	MA	

REFERENCIAS

- Bancroft, G. (1927). Breeding birds of Scammon's Lagoon, Lower California. *The Condor*, 29(1), 29-57.
- Ballesteros-Barrera, B. y Escalante-Pliego, P. 2008. Ficha técnica de *Passerculus sandwichensis* subsp. *beldingi*. En: Escalante-Pliego, P. (compilador). "Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-ECOL-2000. Parte 2". Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W042. México, D.F.
- Bradley, R. A. (1994). Cultural change and geographic variation in the songs of the Belding's Savannah Sparrow (*Passerculus sandwichensis beldingi*). *JISSN*, 38, 3872.
- Bradley, R. A. (1973). A population census of the Belding's Savannah Sparrow, *Passerculus sandwichensis beldingi*. *Western Bird Bander*, 48(3), 40-43.
- Chesser, R. T., Burns, K. J., Cicero, C., Dunn, J. L., Kratter, A. W., Lovette, I. J., ... & Winker, K. (2018). Fifty-ninth supplement to the American Ornithological Society's check-list of North American birds. *The Auk: Ornithological Advances*, 135(3), 798-813.
- Davis, S. D., Williams, J. B., Adams, W. J., & Brown, S. L. (1984). The effect of egg temperature on attentiveness in the Belding's Savannah Sparrow. *The Auk*, 101(3), 556-566.
- Delgadillo, J., M. Peinado, J.M. Martínez Parras, F. Alcaraz, A. de la Torre. (1992). Análisis fitosociológico de los saladares y manglares de Baja California, México. *Acta Botánica Mexicana* 19:1-35. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm19.1992.645>.
- Dickinson, E. C., & L. Christidis (Eds.). (2014). *The Howard & Moore complete checklist of the birds of the world*, vol. 2, 4th ed. East Sussex, UK: Passerines. Aves Press.
- Dugan, P.J. (ed.). 1992. *Conservación de humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. IUCN. Gland, Suiza.
- Fernández-Juricic, E., Zahn, E., Parker, T., & Stankowich, T. (2009). California's Endangered Belding's Savannah Sparrow (*Passerculus sandwichensis beldingi*): Tolerance of Pedestrian Disturbance. *Avian Conservation and Ecology*, 4(2).
- Greenberg, R., Elphick, C., Nordby, J. C., Gjerdrum, C., Spautz, H., Shriver, G., ... & Winter, M. (2006). Flooding and predation: trade-offs in the nesting ecology of tidal-marsh sparrows. *Studies in avian biology*, 32, 96.
- Ibarra-Obando, S.E., M. Poumian-Tapia. 1991. The effect of tidal exclusion on salt marsh vegetation in Baja California, Mexico. *Wetlands Ecology and Management* 1(3):131-148. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00177288>
- Jiménez Pérez, L.C., H. de la Cueva, F. Molina-Peralta, A. Estrada-Ramírez. 2009. Avifauna del estero de punta banda, Baja California, México. *Acta Zoológica Mexicana* 25(3):589-608. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2009.253663>
- Massey, B. W. 1979. *The Belding's Savannah Sparrow*. U. S. Army Corps of Engineers, DACW09 78-C-0008, Los Angeles.
- Massey, B.W., E. Palacios. 1994. Avifauna of the wetlands of Baja California, Mexico: current status. *Studies in Avian Biology* 15:45-57.

- Mitchell, L. R., Gabrey, S., Marra, P. P., & Erwin, R. M. (2006). Impacts of marsh management on coastal-marsh bird habitats. *Terrestrial Vertebrates of Tidal Marshes: Evolution, Ecology, and Conservation*.
- Moreno-Higareda, H. R., Campos, E., Cueva, H. D. L., García-Zárate, M. A., & Martínez-Ríos Del Río, L. (2019). ¿Amenaza un bivalvo exótico al rascón picudo en Baja California?. *Huitzil*, 20(2).
- Palacios-Castro, E., A. Escofet, D.H. Loya Salinas. 1991. El Estero de Punta Banda, Baja California, México como eslabón del “Corredor del Pacífico”: abundancia de aves playeras. *Ciencias Marinas* 17:109-131. DOI: <https://doi.org/10.7773/cm.v17i3.814>
- Powell, A. N. (1993). Nesting habitat of Belding’s Savannah sparrows in coastal salt marshes. *Wetlands*, 13(3), 219-223.
- Powell, A. N., & Collier, C. L. (1998). Reproductive success of Belding's Savannah Sparrows in a highly fragmented landscape. *The auk*, 115(2), 508-513.
- Powell, A. N. (2005). Up, Down, or Stable: Populations of Endangered Birds in Beach and Estuarine Areas in Southern California. *Planning for Biodiversity: Bringing Research and Management Together*, 17.
- Powell, A. N. (2006). Are southern California's fragmented salt marshes capable of sustaining endemic bird populations? *Studies in avian biology*, 32, 198.
- Rising, J. D. (2001). Geographic variation in size and shape of Savannah Sparrows (*Passerculus sandwichensis*) (No. 23). Cooper Ornithological Society.
- Rosencranz, J. A., Thorne, K. M., Buffington, K. J., Takekawa, J. Y., Hechinger, R. F., Stewart, T. E., ... & Patton, R. T. (2018). Sea-level rise, habitat loss, and potential extirpation of a salt marsh specialist bird in urbanized landscapes. *Ecology and evolution*, 8(16), 8115-8125.
- Ruiz-Campos, G., E. Palacios, J.A. Castillo-Guerrero, S. González-Guzmán, & E.H. Batche-González. 2005. Spatial and temporal composition of the avifauna from small coastal wetlands and adjacent habitats in northwestern Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 31(3): 553-576.
- Shuford, W. D., & Gardali, T. (2008). California Bird Species of Special Concern: A ranked assessment of species, subspecies, and distinct populations of birds of immediate conservation concern in California (No. 1). Western Field Ornithologists.
- Swanson, K. M., Drexler, J. Z., Schoellhamer, D. H., Thorne, K. M., Casazza, M. L., Overton, C. T., ... & Takekawa, J. Y. (2014). Wetland accretion rate model of ecosystem resilience (WARMER) and its application to habitat sustainability for endangered species in the San Francisco Estuary. *Estuaries and Coasts*, 37(2), 476-492.
- Van Denburgh, J. (1924). The birds of the Todos Santos Islands. *The Condor*, 26(2), 67-71.
- Van Rossem, A. J. (1947). A synopsis of the savannah sparrows of northwestern Mexico. *The Condor*, 49(3), 97-107.
- Vickery, P. D., Hunter Jr, M. L., & Wells Jr, J. V. (1992). Use of a new reproductive index to evaluate relationship between habitat quality and breeding success. *The Auk*, 109(4), 697-705.

- Wheelwright, N. T. and J. D. Rising (2008). Savannah Sparrow (*Passerculus sandwichensis*), version 2.0. In The Birds of North America (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bna.45>
- Wheelwright, N. T., & Beagley, J. C. (2005). Proficient incubation by inexperienced Savannah Sparrows *Passerculus sandwichensis*. *Ibis*, 147(1), 67-76.
- Wheelwright, N. T., & Rising, J. (1993). *Savannah Sparrow: Passerculus sandwichensis*. American Ornithologists' Union.
- Wheelwright, N. T., Schultz, C. B., & Hodum, P. J. (1992). Polygyny and male parental care in Savannah sparrows: effects on female fitness. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 31(4), 279-289.
- Wiley, J. W., & Zembal, R. (1989). Concern grows for light-footed clapper rail. *Endangered Species Technical Bulletin*, 14(3), 6-7.
- Zedler, J. B. (1988). Saltmarsh restoration: lessons from California. *Rehabilitating damaged ecosystems*, 1, 123-138.
- Zembal, R., Kramer, J., Bransfield, R. J., & Gilbert, N. (1988). A survey of Belding's Savannah Sparrows in California. *American Birds*, 42(5), 1233-1236.

Capítulo II

ESTADO POBLACIONAL DEL GORRIÓN SABANERO DE BELDING (*PASSERCULUS SANDWICHENSIS BELDINGI*) EN UNA MARISMA DE MÉXICO.

Resumen

Se estimó la densidad y tamaño poblacional de la subespecie especie de gorrión sabanero residente permanente, *Passerculus sandwichensis beldingi*, en habitat de marisma de Estero Punta Banda, Baja California, Mexico, mediante muestreos en trayectos y puntos de conteo, durante el verano e invierno de 2019. Se encontró que la subespecie mostró una distribución condicionada por la actividad de las mareas, dispersándose en todo el humedal durante las mareas bajas, y concentrándose en la parte más alta de la marisma durante condiciones extraordinarias de pleamar. Se registró un total de 848 individuos en verano (10.09 ± 8.35) bajo la metodología de trayectos o transectos, mientras que, para el invierno, 642 individuos (7.64 ± 7.67). En cuanto a los puntos de conteo, observamos una disminución en el número promedio de aves donde solo se puede contar el número de 1 o 2 bandadas, situación que se comparte en ambas temporadas. Para el verano, el número máximo de individuos fue de 557 (9.28 ± 8.21) y para el invierno 499 (8.31 ± 7.56). Es importante que estos estudios deban realizarse periódicamente para determinar un compendio de información sobre las tendencias de la población en México.

Palabras clave: Conteo de individuos, Dinámica poblacional.

Abstract

The population density and the number of individuals of the subspecies permanent resident species *Passerculus sandwichensis beldingi* in the Estero Punta Banda marshes were estimated, using transects and count points, during the summer and winter of 2019. It was found that the subspecies presents a trend to the selective aggregate distribution since the dynamics of the flocks depend on the activity of the tides, tending to disperse during low to medium tides and during high to extraordinary tides, they segregate in the outermost limits of the wetland. A total of 848 (10.09 ± 8.35) individuals were registered under the transect methodology, while, for the winter, 642 individuals (7.64 ± 7.67). Regarding the counting points, we observed a decrease in the average number of birds where only the number of 1 or 2 flocks can be counted, which is shared in both seasons. For the summer, the maximum number of individuals was 557 (9.28 ± 8.21), and for the winter, 499 (8.31 ± 7.56). These studies must be conducted periodically to determine a compendium of information on population trends in Mexico.

Keywords: Individual count, Population dynamics.

INTRODUCCIÓN

Los censos de especies prioritarias son la base para diseñar planes de conservación, porque permiten estimar y conocer la situación actual de estas poblaciones y hacer proyecciones y tendencias. Esta situación se agrava si estas especies se encuentran en algún hábitat sensible y restringido (Restrepo, 2004).

Un ejemplo de esta situación es el gorrión sabanero de Belding (*Passerculus sandwichensis beldingi*), una de las 18 subespecies del gorrión de la sabana *Passerculus sandwichensis*, la cual es una de las especies más extendidas de América del Norte con poblaciones y subespecies adaptadas a una gran variedad de entornos que abarcan tundra, pradera, humedales de agua dulce y hábitats de marismas saladas (Wheelwright y Rising, 2008; Dickinson y Christidis, 2014).

Esta subespecie de ave endémica reside todo el año en las marismas costeras en la vertiente oriental del Océano Pacífico de Norteamérica, desde el condado de Santa Bárbara, California, EE. UU.A., hacia el sur a lo largo de la costa noroeste hasta El Rosario, Baja California, México (Zemba *et al.*, 1988), incluidas las islas Todos Santos (Van Denburgh, 1924). Powell y Collier (1998) señalan a esta subespecie como una de las dos especies de aves prioritarias, además de *Rallus obsoletus levipes*, que dependen de los humedales y marismas en el sur de California y el noroeste de Baja California

Bradley (1994) afirmó que las poblaciones de esta subespecie de gorrión están muy aisladas y tienen poca dispersión, argumentando además la carencia de estudios sobre los aspectos de inmigración y emigración. Esta situación es grave, ya que la fuerte fragmentación de este tipo de hábitat costero está aumentando continuamente (Powell, 2006), y no es una

situación exclusiva del estado de California, si no también es la mayor amenaza dentro de las marismas de México para esta subespecie.

El contraste circunstancial entre las naciones que comparten este endemismo EE. UU. A.-México es amplio, a pesar de que ambos países cuentan con alguna regulación federal o estatal. En Mexico, esta categorizada, en la normativa oficial como amenazada, pero en California (EE. UU.A.), en la categoría de peligro de extinción. En ambos casos por el impacto a los efectos antropogénicos como lo es el aumento del desarrollo costero. Aun así, no existe un plan de colaboración binacional para la conservación de la meta-población (Zemba *et al.*, 1988; Wiley y Zemba, 1989; Powell y Collier, 1998; Zemba, 2010).

La información sobre el estado actual de las poblaciones en México es relativamente escasa o nula; por esta razón, solo pueden existir comparaciones respecto con varios relevamientos históricos en la costa de California, EE. UU. A., destacando los siguientes: Bradley (1973) aportó un conteo total de 1,084 territorios, dentro de las marismas de la bahía de San Diego, pero excluyó varias marismas ocupadas. Massey (1977) contabilizó las poblaciones de este gorrión sabanero en todos los humedales ocupados en el área de distribución desde San Barbara, California, hasta la frontera con Mexico en el Estuario del Rio Tijuana, San Diego, California, EE. UU. A., pero se basó en extrapolaciones de porciones con las estimaciones de población y reportó 1,610 territorios. En el año 1986, se contabilizaron 2,274 territorios en 27 marismas de San Diego y Santa Barbara, California, contemplando marismas transformadas y aquellas que se encontraran bajo un buen estado de conservación (Zemba *et al.*, 1987). En el año 1991 hubo lluvias tardías que interfirieron con el comportamiento de *P. s. beldingi* y la población estatal estimada fue de 1,844 territorios, aunque la subpoblación más grande no se estudió completamente (James y Stadtlander, 1991).

La población del estado de California, EE. UU. A. se volvió a contar en 1996, 2001 y 2006, arrojando cifras de 2,350, 2,902 y 3,135 parejas, respectivamente (Zemba y Hoffman 2001, 2006) y en el trabajo más reciente de Zemba (2010), donde se hizo un análisis histórico en la tendencia de esta población, reportó un total de ocho muestreos territoriales de *P. s. beldingi* en California, durante el periodo de, 1973-2010, reportando el registro estatal más alto desde que comenzaron los conteos periódicos en 1973.

Bradley (1973), Massey (1979) y Zemba (2010) mostraron que los censos de la temporada de reproducción pueden volverse complicados y de baja precisión, porque exhiben un comportamiento y forrajeo casi críptico tal como proclaman territorios en humedales a menudo lejos de los sitios de anidación, de tal forma que sólo la mitad de la población anidante puede contarse (Massey, 1979).

Este gorrión está ecológicamente asociado a la cobertura vegetal característica de las marismas del sur de California y el noroeste de Baja California, donde dominan en el paisaje las plantas halófitas: *Salicornia spp*, *Spartina foliosa*, *Batis maritima*, *Distichlis spicata*, y otros. Prefiere anidar en las zonas del litoral medio a alto de las marismas costeras (Massey, 1979, Powell, 1998), pero la actividad puede ocurrir dentro de la marisma baja en lugares que se elevan por encima del nivel promedio máximo de marea.

El presente trabajo se realizó en las zonas de marisma del Estero de Punta Banda (EPB), donde se confirma la presencia de este gorrión por Escofet (1988). Humedal reconocido por la Convención de Ramsar en 2006, que se ubica en la ciudad de Ensenada, Baja California, Mexico, a 100 km al sur de la Reserva del Estuario del Río Tijuana.

Es fundamental resaltar que este sitio cuenta con otras especies de aves prioritarias tales como: Ridgway's Rail (*Rallus obsoletus levipes*), Chorlo nevado (*Charadrius nivosus*), Charrán menor (*Sternula antillarum*), entre otros.

Por estas causas, es fundamental que se genere conocimiento referente al estado actual de la población a fin de proveer información base para trazar acciones de manejo que conlleven a la conservación de esta subespecie, y por ende la del humedal.

METODOLOGÍA

El área de estudio fue en todas las áreas de marisma de EPB, con una extensión de 326 ha. Con base en la descripción de la vegetación de Ibarra-Obando y Poumian-Tapia (1991), Delgadillo *et al.*, (1992) y Powell (2006). Se realizó una zonificación para el área de marisma: marisma baja (MB), delimitada desde el nivel de marea más baja hasta donde termina la presencia de *Spartina foliosa* y que experimenta inundaciones de marea dos veces al día; la marisma media (MM), delimitada a los niveles más bajos y más altos de presencia de *Salicornia bigelovii*, *Batis maritima*, con inundaciones de marea en varias ocasiones al mes y la marisma alta (MA), que se establece desde arriba la presencia de *Salicornia bigelovii*, y hasta donde termina la vegetación de *Salicornia subterminalis* y las elevaciones más altas donde las marismas tienen los suelos más secos y las mayores salinidades, donde las inundaciones ocurren solo unas pocas veces durante el año (Zadler, 1982)

A principios de verano e invierno del año 2019, durante los meses de junio a julio y de diciembre a enero, se realizaron censos de *P. s. beldingi* en el EPB según el protocolo de (Ralph, 1995) dentro de las áreas definidas de las áreas MB, MM y MA.

Para estimar la densidad poblacional y el número de individuos, se realizaron recorridos matutinos (06: 30-10: 00h) mediante trayectos o transectos y puntos de conteo realizando: 10 puntos y 14 transectos, por fecha de muestreo con un total de 6 visitas por temporada, para el verano del 22 de junio al 27 de julio y para el invierno del 21 de diciembre de 2019 al 25 de enero de 2020. Los puntos de conteo y los trayectos se seleccionaron al azar dentro de las áreas de marisma. Una vez identificados, se seleccionaron como puntos fijos para estimar la densidad poblacional, georreferenciando su ubicación, orientación y tamaño. Con la finalidad de conocer la eficiencia metodológica y

Los puntos de conteo tuvieron un diámetro total de 100 metros. Los datos se tomaron en tres periodos de 4 minutos, con un tiempo final estimado de 12 minutos por punto (Mapa 1). Las medidas de los transectos fueron las siguientes: 100 metros de largo con un ancho efectivo de 100 metros (50 metros a cada lado), con un tránsito interrumpido y una duración de 12-15 minutos por trayecto, contabilizando todas las aves que se encontraran en contra de la dirección de este. Una vez obtenidos los datos, se tuvieron los coeficientes de correlación de (r) para cada uno de los métodos en ambas temporadas.

Utilizamos la nomenclatura y taxonomía de las subespecies para la determinación y clasificación taxonómica (Chesser et al., 2018). Para el análisis estadístico se utilizó el programa Past versión 4.03.

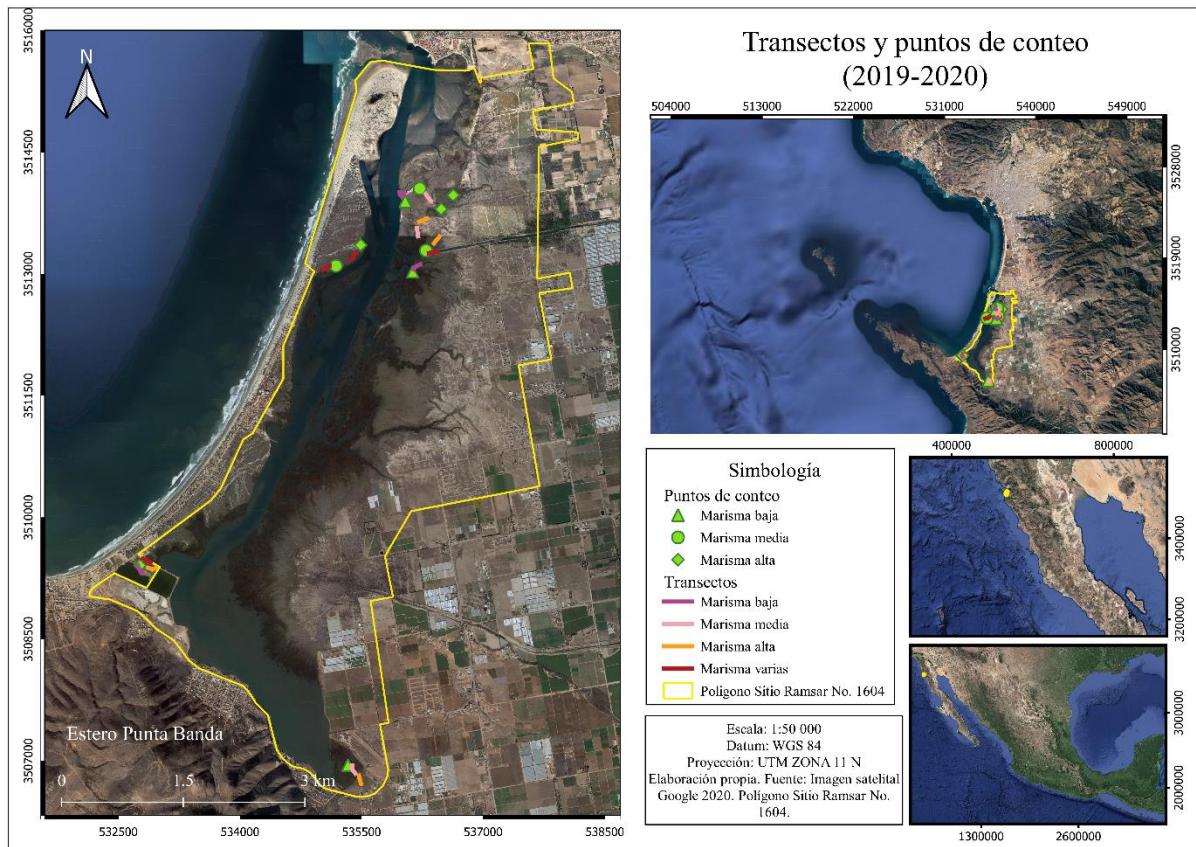


Figura 1-. Área de estudio del Estero de Punta Banda, Baja California, México mostrando la localización de los trayectos y puntos de conteo.

RESULTADOS

Se determinó que la subespecie *P. s. beldingi* presenta una tendencia a una distribución espacial selectiva agregada (Cuadro 4), ya que el movimiento de las bandadas es condicionado por la actividad de las mareas, tendiendo a dispersarse durante mareas bajas y medias, y confinarse o agregarse en los límites más externos del humedal durante mareas altas y eventos extraordinarios de pleamar. Para el verano, se registró un total de 848 individuos observándose en promedio 10.09 ± 8.35 aves por trayecto. Para el invierno, el número fue de 642 individuos totales, contabilizándose en promedio 7.64 ± 7.67 aves por trayecto (Cuadro 2).

En cuanto al conteo de puntos, se observó una disminución en el número promedio de aves, esta situación fue común en ambas temporadas. Para el verano, el número máximo fue 557 individuos contabilizándose en promedio 9.28 ± 8.21 aves en cada punto de conteo, y para el invierno fue de 499 individuos llegándose a contar 8.31 ± 7.56 aves en promedio (Cuadro 1). La tendencia en la dinámica de las poblaciones muestra una aparente disminución de la actividad durante el invierno debido a las bajas temperaturas y neblina durante las mañanas.

La densidad de individuos por hectárea de marismas fue la siguiente 10.09 ± 8.35 para verano, mientras que para el invierno se estima en 7.64 ± 7.67 . Estimando se el tamaño de la población para el tiempo de estudio en X (extrapola)

La metodología de trayectos proporcionó un mayor número de observaciones en contraste con el recuento de puntos (Figura 2). Además, se encontraron otras subespecies alrededor de las marismas como: *P.s. rostratus*, en invierno y la especie *P. sandwichensis* spp, durante todo el año en las localidades externas.

Cuadro 1.- Número de individuos por zona de marisma registrados con la metodología de puntos de conteo, durante el verano y el invierno de 2019-2020. DS - Desviación estándar EE - Error estándar.

Zona	Número de individuos por zona	Promedio	DS	EE
Verano 2019				
MB	254	14.11	8.74	2.06
MM	207	11.50	7.96	1.88
MA	96	4	4.32	0.88
Invierno 2019-20				
MB	76	4.22	4.14	0.98
MM	236	13.11	7.96	1.88
MA	187	7.79	7.40	1.51

Cuadro 2.- Número de individuos por zona de marisma registradas con la metodología transectos durante el verano y el invierno de 2019-2020. DS - Desviación estándar ES - Error estándar.

Zona	Número de individuos por zona	Promedio	DS	EE
Verano 2019				
MB	293	1.62	9.49	2.23
MM	172	9.55	6.38	1.50
MA	196	6.53	7.41	1.35
Transicional	187	10.38	7.27	1.71
Invierno 2019-20				
MB	89	5.93	6.19	1.59
MM	89	4.94	4.94	1.16
MA	326	10.84	8.61	1.57
Transicional	85	4.72	5.27	1.24

Figura 2.- Número de individuos, contabilizados de acuerdo con las metodologías empleadas, trayectos y de puntos de conteo durante el verano y el invierno de 2019-2020.

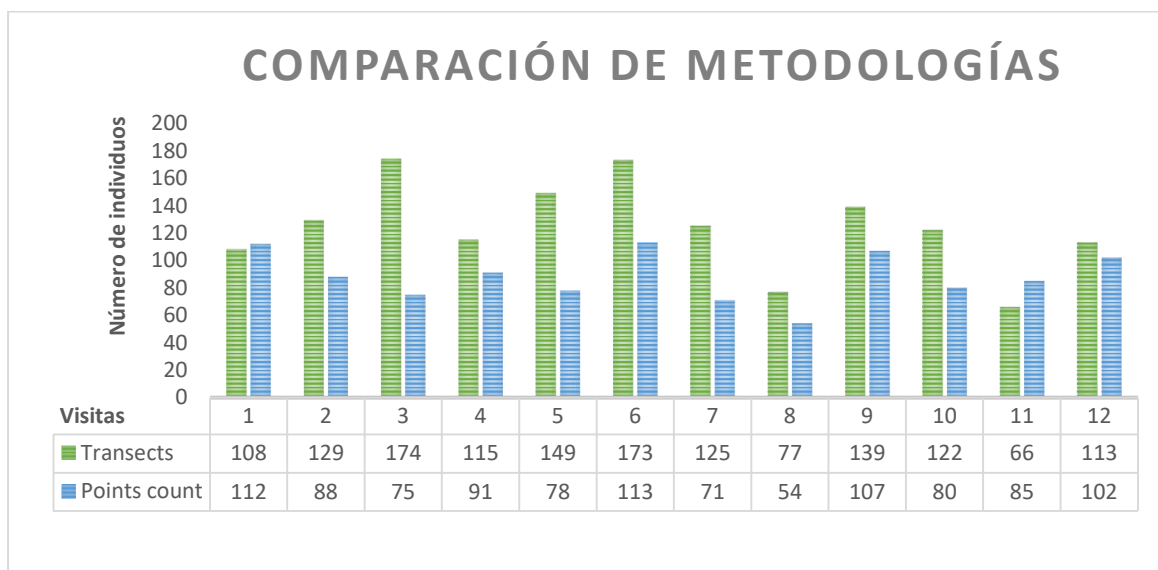


Figura 3.- Número de individuos por temporada registrados con metodología trayectos durante el verano e invierno de 2019-2020.

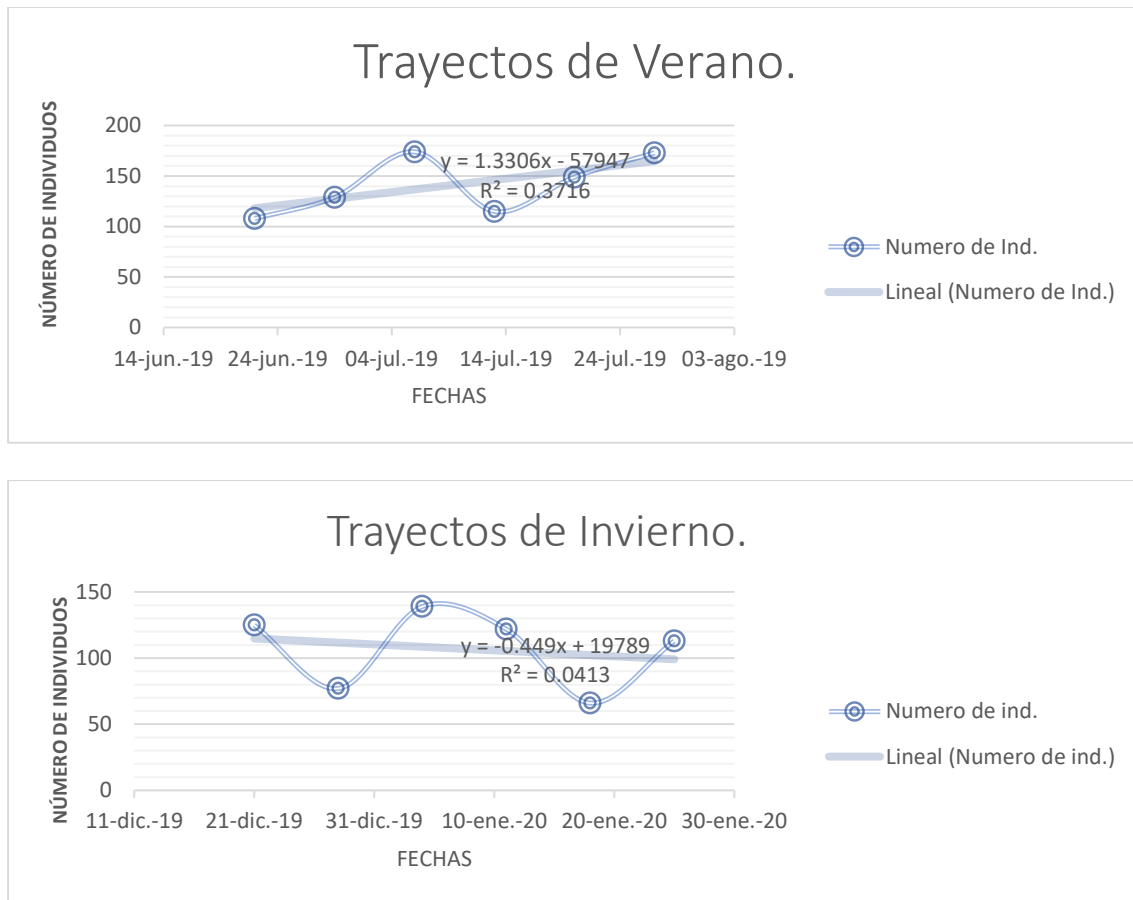
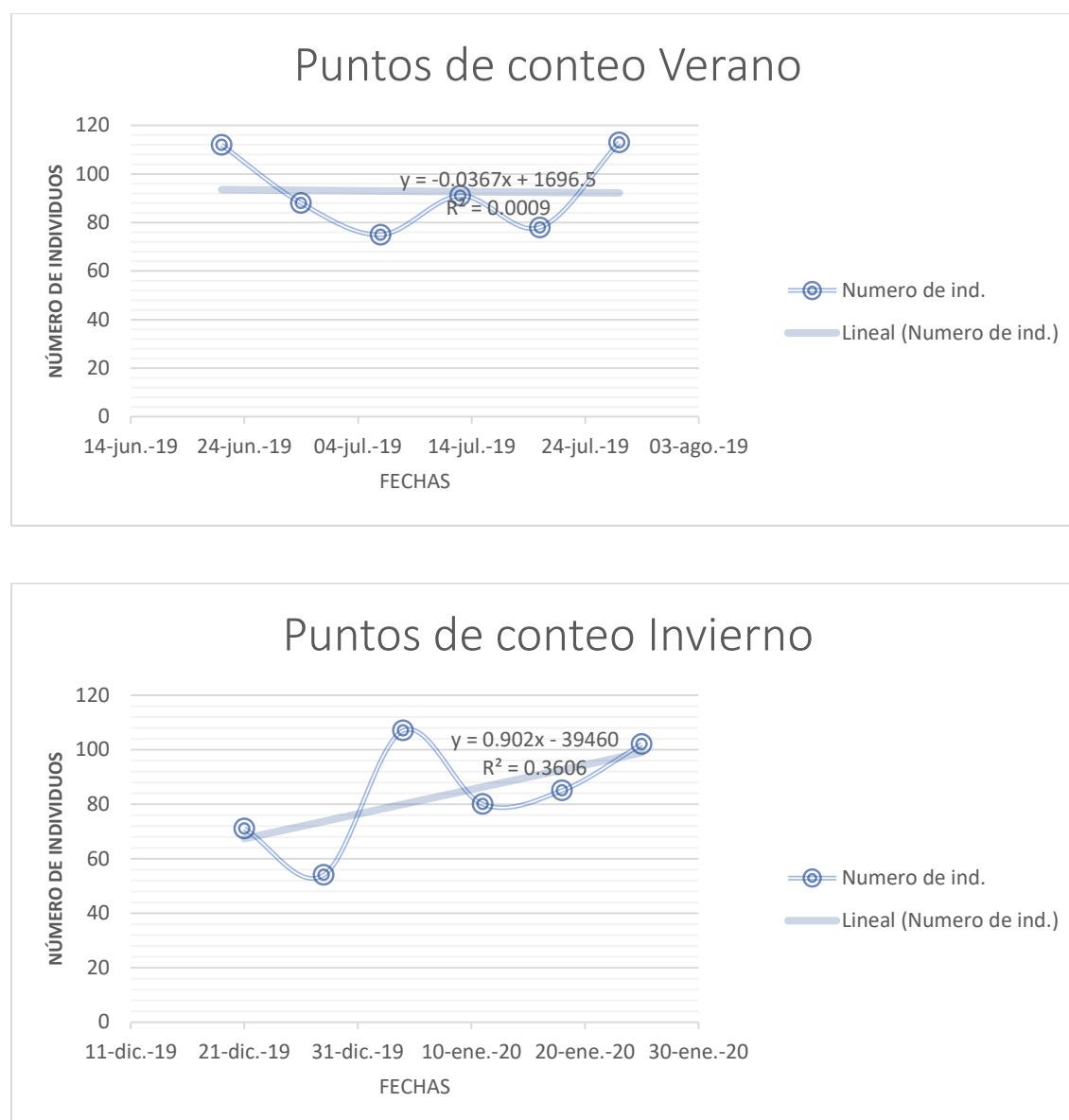


Figura 4.- Número de individuos por temporada registrados con la metodología de puntos de conteo durante el verano e invierno de 2019-2020.



Cuadro 3. Frecuencia de individuos de *Passerculus sandwichensis beldingi* en diferentes condiciones de marea, detectados mediante las dos metodologías empleadas en EPB.

Temporada: Verano	Número de individuos		
Condición de marea	Metodología: 14 Trayectos	Metodología: 10 Puntos de conteo	Total
Baja	559	388	947
Media	289	169	458
Alta			
Temporada: Invierno			
Condición de marea			
Baja	125	71	196
Media	205	192	397
Alta	312	236	548
Total	1490	1056	2546

DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo representan el primer estudio de la densidad poblacional de *P.s.beldingi* en su distribución en México. No es posible realizar una comparación con las densidades históricas de esta subespecie de las marismas de California, EE. UU.A., debido a que en este estudio se utilizó una metodología diferente basada en conteo directo de individuos y no de territorios como se ha hecho en otros estudios (Bradley,1973; Massey,1977; Zembal *et al.*, 1987; James y Stadtlander, 1991; Zembal y Hoffman 2001, 2006; Zembal, 2010). Esta última metodología consiste en una recopilación de territorios de cría en cada zona de marisma y su manifestación de territorialidad.

El optar por un cambio metodológico al antes mencionado se fundamenta en las recomendaciones dadas previamente por Bradley, (1973), Massey, (1979) y Zembal, (2010), quienes indican que los censos durante la época de reproducción pueden volverse complicados y de baja precisión, además de que solo la mitad de la población anidante se puede contar. Se encontró que la aplicación de censos en trayectos o puntos de conteo de Ralph *et al.*, (1995), representa una metodología más confiable y precisa para estimar la densidad de individuos efectivos de subespecie en cuestión, ya que permite un conteo más cercano de individuos efectivos en cada área de estudio.

Zembal (1988) señaló extirpaciones locales y grandes variaciones dentro de las poblaciones locales de *P. s. beldingi* en las marismas de agua salada de California. Con los resultados, y las estimaciones de densidad de esta subespecie obtenidas en nuestro estudio son aún incipientes para confirmar si la población de EPB se encuentra en un proceso de declive poblacional o de inmigración de individuos.

Zembal *et al.* (1988) y Powell (1998), demuestran que existe una relación positiva entre el tamaño de la marisma en hectáreas y el número de individuos, en contraposición a los que

están restringidos y fragmentados como las poblaciones de Devereux Slough en Santa Bárbara, California y Aliso Creek Marsh en el condado de San Diego, California, EE. UU. A., la metapoblación de esta subespecie enfrenta una tendencia a la reducción aunque se pueden apreciar fluctuaciones en el número de territorios y/o individuos a través del tiempo (Zemba, 2010). Considerando que el territorio disponible en el EPB es de 320 ha de área de marisma, se esperaría bajo los criterios de los autores antes mencionados, que el número de parejas reproductoras presentes en el EPB sea aproximadamente de 300.

Es importante mencionar que la condición dinámica de las mareas en EPB complicó el trabajo de campo y conteo de individuos porque hubo ocasiones en las que las mareas altas y extraordinarias inundaban los puntos fijos o rutas de conteo, resultando en números bajos o incluso de cero registros para ese punto, trayecto o fecha dentro de las horas de seguimiento, algo común para aves de marisma (Benoit y Askins, 2002).

El aumento del nivel del mar y la consecuente inundación de los hábitats de marisma y la pérdida de hábitat constituyen a los dos principales factores en la supervivencia de esta subespecie (Rosencranz *et al.*, 2018). Esta situación ha llevado a la creación de proyecciones de modelos globales que indican que la costa abierta y los estuarios de California experimentarán un aumento del nivel del mar durante el próximo siglo. (Cayan *et al.*, 2008). Esta predicción de impacto afectará también a los humedales costeros del noroeste de Baja California.

El escenario anterior sugiere que el aumento de las inundaciones asociado con el aumento del nivel del mar afectará a las comunidades vegetales de la marisma alta, promoviendo el desplazamiento de los pastos *Spartina* sp. Tierra adentro, provocando grandes pérdidas en los humedales costeros (Donnelly y Bertness, 2001; Schile *et al.*, 2014). Todo esto tendrá repercusiones en las áreas de anidación y percha de *P.s. beldingi* en las marismas costeras.

Correll *et al.*, (2017) predijeron con base en simulaciones un colapso de la población mundial de gorriones de marisma (*Ammodramus caudacutus*) para los próximos 50 años. Debido a estas circunstancias, y a pesar de no tener un modelo predictivo para el gorrión de Belding, podemos sugerir que su destino será similar.

Roman (2017) sugirió que la investigación, el monitoreo y el modelado dinámico, junto con los enfoques apropiados de gestión y adaptación implementados a escalas local y regional, contribuirán al desafío de mantener las marismas y sus especies en un futuro incierto. Las acciones de restauración dentro de los humedales se destacan como positivas por la cantidad de territorios del gorrión de Belding, medidas que se deben de aplicar en las inmediaciones de EPB.

REFERENCIAS

- Benoit, L. K., & Askins, R. A. (2002). Relationship between habitat area and the distribution of tidal marsh birds. *The Wilson Journal of Ornithology*, 114(3), 314-323.
- Bradley, R. A. (1973). A population census of the Belding's Savannah Sparrow, *Passerculus sandwichensis beldingi*. *Western Bird Bander*, 48(3), 40-43.
- Cayan, D. R., Bromirski, P. D., Hayhoe, K., Tyree, M., Dettinger, M. D., & Flick, R. E. (2008). Climate change projections of sea level extremes along the California coast. *Climatic Change*, 87(1), 57-73.
- Correll, M. D., Wiest, W. A., Hodgman, T. P., Shriver, W. G., Elphick, C. S., McGill, B. J., ... & Olsen, B. J. (2017). Predictors of specialist avifaunal decline in coastal marshes. *Conservation Biology*, 31(1), 172-182.
- Chesser, R. T., Burns, K. J., Cicero, C., Dunn, J. L., Kratter, A. W., Lovette, I. J., ... & Winker, K. (2018). Fifty-ninth supplement to the American Ornithological Society's check-list of North American birds. *The Auk: Ornithological Advances*, 135(3), 798-813.
- Dickinson, E. C., & L. Christidis (Eds.). (2014). The Howard & Moore complete checklist of the birds of the world, vol. 2, 4th ed. East Sussex, UK: Passerines. Aves Press.
- Donnelly, J. P., & Bertness, M. D. (2001). Rapid shoreward encroachment of salt marsh cordgrass in response to accelerated sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(25), 14218-14223.
- Escofet, A., Loya-Salinas, D. H., & Arredondo, J. I. (1988). The Punta Banda Estuary (Baja California, Mexico) as an avifauna habitat. *Ciencias Marinas*, 14(4), 73-100
- James, R., & Stadtlander, D. (1991). *A survey of the Belding's Savannah sparrow (Passerculus sandwichensis beldingi) in California, 1991*. State of California. The Resources Agency, Department of Fish and Game.
- Massey, B. W. (1977). *A census of the breeding population of the Belding's Savannah Sparrow in California, 1977*. State of California, The Resources Agency, Department of Fish and Game.
- Massey, B. W. (1979). *The Belding's Savannah Sparrow*.
- MASSEY, B. W. 1979. The Belding's Savannah Sparrow. U. S. Army Corps of Engineers, DACW09 78-C-0008, Los Angeles.
- Powell, A. N. (1993). Nesting habitat of Belding's Savannah sparrows in coastal salt marshes. *Wetlands*, 13(3), 219-223.
- Powell, A. N. (2005). Up, Down, or Stable: Populations of Endangered Birds in Beach and Estuarine Areas in Southern California. *Planning for Biodiversity: Bringing Research and Management Together*, 17.
- Powell, A. N. (2006). Are southern California's fragmented salt marshes capable of sustaining endemic bird populations? *Studies in avian biology*, 32, 198.
- Powell, A. N., & Collier, C. L. (1998). Reproductive success of Belding's Savannah Sparrows in a highly fragmented landscape. *The auk*, 115(2), 508-513.
- Ralph, C. J., Droege, S., & Sauer, J. R. (1995). Managing and monitoring birds using point counts: standards and applications. In: Ralph, C. John; Sauer, John R.; Droege, Sam, technical

editors. 1995. Monitoring bird populations by point counts. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149. Albany, CA: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station: p. 161-168, 149.

Restrepo Calle, S. (2004). *Conservación integral de la guacamaya cariseca (Ara severa castaneifrons) en el Valle del Cauca* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).

Rising, J. D. (2001). Geographic variation in size and shape of Savannah Sparrows (*Passerculus sandwichensis*) (No. 23). Cooper Ornithological Society.

Roman, C. T. (2017). Saltmarsh sustainability: challenges during an uncertain future. *Estuaries and coasts*, 40(3), 711-716.

Rosencranz, J. A., Thorne, K. M., Buffington, K. J., Takekawa, J. Y., Hechinger, R. F., Stewart, T. E., ... & Patton, R. T. (2018). Sea-level rise, habitat loss, and potential extirpation of a salt marsh specialist bird in urbanized landscapes. *Ecology and evolution*, 8(16), 8115-8125.

Schile, L. M., Callaway, J. C., Morris, J. T., Stralberg, D., Parker, V. T., & Kelly, M. (2014). Modeling tidal marsh distribution with sea-level rise: Evaluating the role of vegetation, sediment, and upland habitat in marsh resiliency. *PloS one*, 9(2), e88760.

Van Denburgh, J. (1924). The birds of the Todos Santos Islands. *The Condor*, 26(2), 67-71.

Wheelwright, N. T., & Rising, J. (1993). *Savannah sparrow: Passerculus sandwichensis*. American Ornithologists' Union.

Wiley, J. W., & Zembal, R. (1989). Concern grows for light-footed clapper rail. *Endangered Species Technical Bulletin*, 14(3), 6-7.

Zedler, J. B. (1988). Saltmarsh restoration: lessons from California. *Rehabilitating damaged ecosystems*, 1, 123-138.

Zembal, R. and S. M. Hoffman. 2010. A survey of the Belding's Savannah sparrow (*Passerculus sandwichensis beldingi*) in California, 2010. Calif. Dep. Fish and Game, Wildlife Branch, Nongame Wildlife Program Report 2010-10, Sacramento, CA 17 pp.

Zembal, R., Hoffman, S. M., & Patton, R. (2002). *A survey of the Belding's savannah sparrow (Passerculus sandwichensis beldingi) in California, 2001*. Santa Ana River Watershed Program, Orange County Water District.

Capítulo III

ANÁLISIS GENÉTICO MITOCONDRIAL DEL GEN ND2 EN EL GORRIÓN SABANERO DE BELDING EN ESTERO DE PUNTA BANDA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

Resumen

Se realizó un estudio de diversidad de linajes mitocondriales de la subespecie *Passerculus sandwichensis beldingi* del humedal Estero de Punta Banda (EPB), en el noroeste de Baja California, México. Mediante la secuencia del gen NADH, subunidad 2 (ND2). Se encontró un solo haplotipo ($h=0$), ($\pi=0.0$), el cual es compartido con individuos de la misma subespecie de la localidad Bahía de San Quintín. Además, este haplotipo está también presente en otra subespecie de hábitat insular *Passerculus sandwichensis sanctorum* del archipiélago de San Benito, Baja California. El análisis de la secuencia de aminoácidos de la proteína ND2 de ambas poblaciones estudiadas en México, se encontró una sustitución puntal no letal cambiando el aminoácido Treonina por Alanina (T271A), la cual consideramos como ambigua en las condiciones ambientales. Posiblemente los individuos analizados provengan de un mismo linaje al no presentar cambios significativos en el gen examinado. Es necesario analizar otros genes mitocondriales para dilucidar con mayor precisión el estatus genético de esta población.

Palabras clave: Linajes maternos, Población aislada.

Abstract

A study of the diversity of mitochondrial lineages of the subspecies *Passerculus sandwichensis beldingi* from the Estero de Punta Banda (EPB) wetland in northwestern Baja California, Mexico was conducted. By the sequence of the NADH gene, subunit 2 (ND2). A single haplotype was found ($h = 0$), ($\pi = 0.0$), shared with individuals of the same subspecies from the Bahía de San Quintin locality. Furthermore, this haplotype is also present in another subspecies of insular habitat, *Passerculus sandwichensis sanctorum* of the San Benito archipelago, Baja California. In analyzing the amino acid sequence of the ND2 protein of both populations studied in Mexico, a non-lethal point substitution was found by changing the amino acid Threonine for Alanine (T271A), which we consider ambiguous under environmental conditions. Possibly the individuals analyzed come from the same lineage as they did not present significant changes in the gene examined. It is necessary to analyze other mitochondrial genes to elucidate more precisely the genetic status of this population.

Key words: Maternal lineages, Isolated population.

INTRODUCCIÓN

Los estudios ecológicos de una población son útiles para tomar decisiones sobre el manejo y conservación de una especie o hábitat en particular. Estos estudios adquieren importancia si se trata de especies en peligro de extinción en hábitats críticos como lo son los sistemas aislados (Possingham *et al.*, 2001). Un ejemplo de estos hábitats críticos es la marisma del Estero de Punta Banda, un humedal ubicado en la costa noroeste de Baja California, México. Debido a sus características biofísicas, existen allí subespecies de aves restringidas a este ambiente, con adaptaciones particulares, entre ellas destaca el gorrión sabanero de Belding (*Passerculus sandwichensis beldingi*), una de las 18 subespecies reconocidas de *Passerculus sandwichensis* (Wheelwright y Rising, 2008; Dickinson y Christidis, 2014).

Esta subespecie es endémica de las marismas costeras del suroeste de EE. UU. A. y del noroeste de México. Enfrenta extensas amenazas debidas a diversos cambios ambientales provocados por el ser humano, como otras asociadas al propio tipo de hábitat (Greenberg *et al.*, 2006; Rosencranz, 2018).

La información sobre el estado genético de la población del gorrión sabanero y sus subespecies se centra en un contexto que abarca a la mayoría de sus subespecies (Zink *et al.*, 2005; Benham y Cheviron, 2019). En una revisión de la información disponible sobre el gorrión de la sabana de Belding, podemos encontrar secuencias (> 250) relacionadas con los genes del ADN mitocondrial ND2 y ND3, almacenadas en el NCBI GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).

Zink *et al.*, (2005) analizaron la variabilidad genética de 13 poblaciones pertenecientes a diferentes subespecies de *Passerculus sandwichensis* con relaciones filogenéticas en Norteamérica. En el estudio antes mencionado denota la presencia de un haplotipo compartido entre la población de Isla de San Benito de la subespecie *P. s. sanctorum* con individuos de

P.s. beldingi de Bahía San Quintín, donde se puede encontrar un haplotipo adicional. Encontraron un haplogrupo que incluye otras subespecies del noroeste de México como *P.s. rostratus*, *P.s. alaudinus* y *P.s. anulus*, conformando un clado que no tiene una estructura filogeográfica, identificándolo como simpátrico, pero divergente (~ 2%) de dos de distribución continental.

Benham y Cheviron (2019), en una revisión filogeográfica utilizaron un conjunto de datos genómicos adicionales SNP (single-nucleotide polymorphism// Polimorfismo de nucleótido simple) de la mayoría de las subespecies de *P. sandwichensis* para resolver los procesos de población que conducen a la evolución de linajes de ADNmt divergentes y simpátricos. La filogenia del ADNmt analizada en el tiempo estimó el tiempo medio de divergencia entre clados en 1.5 Ma y la divergencia del clado donde *P.s. beldingi* está en 0.9 Ma. Además, identificaron dos grandes grupos genéticos que corresponden a subespecies de distribución continental y subespecies del noroeste de México.

Es importante mencionar que los estudios genéticos de los gorriones de Belding que viven en Baja California, México, aun son incipientes. Donde tres ubicaciones clave han sido identificadas (Wheelwright y Rising, 2008), Estero de Punta Banda, El Rosario y Bahía San Quintín, sitio de donde proviene toda la información genética para la subespecie.

El objetivo de este trabajo radicó en analizar el estado genético poblacional de la subespecie *Passerculus sandwichensis beldingi* en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. Se utilizó el gen completo Nicotinamida adenina dinucleótido (NADH) de la subunidad 2 de la deshidrogenasa para identificar la variabilidad genética, definida como las variaciones hereditarias que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie (Piñero *et al.*, 2008). Adicionalmente se realizaron pruebas de comparación filogenética para identificar si los haplotipos encontrados

en el presente estudio estaban previamente reportados para esta subespecie y ubicar su posición en base en las secuencias reportadas en el GenBank.

La enzima ND2, es de un tamaño es de 39 kDa, es uno de los 13 genes que contiene la mitocondria, participa en la transferencia de electrones con el hidrógeno para producir ATP a través del progreso de fosforilación oxidativa, desempeñando un papel importante en la translocación de protones a través de la membrana mitocondrial interna, lo que contribuye a la regulación del pH en las células (Schauer *et al.*, 2015; Shi *et al.*, 2018).

El ND2 se ha utilizado en otros trabajos para conocer el flujo de genes, patrones históricos poblacionales, y de evolución (Akin *et al.*, 2010), además de considerarse como una aproximación de la diversidad genética (Bates *et al.*, 2003), debido a que este evolucionó más rápido que otros genes de ADNmt, que tienen una alta tasa de mutación y una baja tasa de recombinación (Avice, 2000).

Realizamos extracciones de ADN de tejido y sangre, aptas para la obtención de ADNmt. (Zink *et al.*, 2005; Sturkie, 2012). Los resultados del presente estudio implican generar estrategias de manejo para esta subespecie costera y sus hábitats, permitiendo la conservación y conectividad metapoblacional.

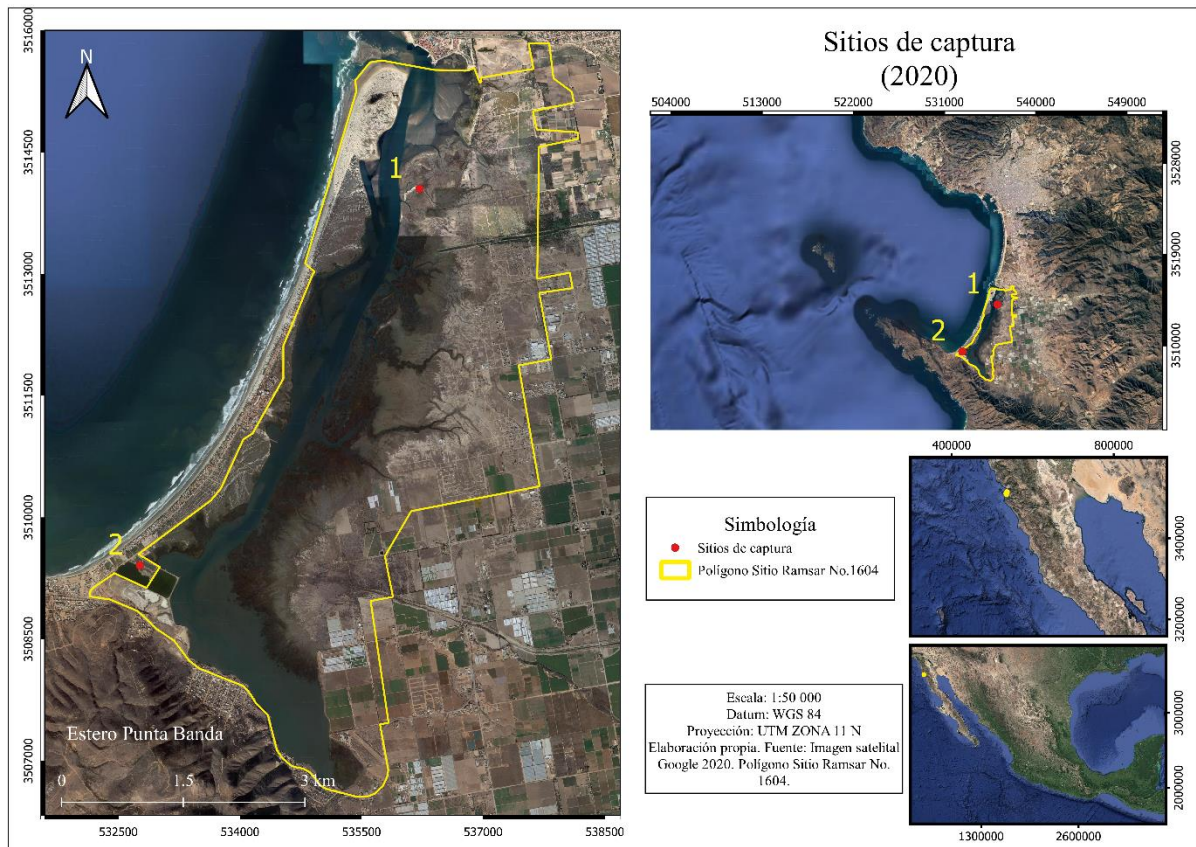
METODOLOGÍA

Muestreo

Los ejemplares se obtuvieron de 2 localidades fijas en la zona de la marisma de EPB, ambos sitios con una distancia entre ellos de 8 km (Mapa 1), durante los meses de enero (sin actividad reproductiva) y julio (actividad reproductora), mediante el uso de una red de niebla de 6 m de longitud x 2.5 m de altura y 30 mm de luz de malla. La operación de muestreo se realizó bajo el permiso federal de recolecta científica SGPA / DGVS / 1073-2 / 19.

Una vez que fueron capturados los ejemplares de gorrión sabanero, se procedió a la extracción de una muestra de sangre basado en las recomendaciones metodológicas de Arctander, (1988) Hoysak y Weatherhead (1991). En cada ejemplar se extrajo una muestra de sangre <0.2ml, utilizando una jeringa para insulina con una aguja de calibre 31 y de 4mm de largo. Las extracciones se realizaron desde la vena branquial del ala, insertando el aguja en un ángulo agudo (15 grados), de tal forma que la zona estuviera desprovista de plumas y poder realizar asepsia previa a la punción en la vena, para lo cual se utilizó un hisopo de algodón impregnado con gel de alcohol al 70%. Para evitar la recaptura de los individuos, se colocaron anillos de colores (Pinilla, 2000). Después de la manipulación, los gorrones fueron liberados en el hábitat, asegurándose su bienestar.

Las muestras de sangre y tejido se colocaron en tubos Eppendorf de 1.5 ml y su volumen se equilibró con alcohol absoluto y se conservaron en congelación a -20°C, hasta su uso en el laboratorio.



Mapa 1.- Sitios de captura de individuos de *Passerculus sandwichensis beldingi* durante el año 2020.

Métodos de laboratorio purificación de ADN y PCR

El aislamiento total del ADN se realizó de acuerdo con el protocolo de fenol-cloroformo (Smith y Struhl, 2002). Se amplificó el gen mitocondrial completo de la subunidad 2 (ND2) (1041 pb) de la NADH deshidrogenasa, mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Estas reacciones de amplificación se realizaron en un volumen total de 50 µl, 23 µl de mezcla PTC: GoTaq Green Master Mix a 1X (Promega®), 3 µl de cebadores (10µM) Fw L5215 (5'-TATCGGGCCCATACCCCGAAAAT-3') (Hackett, 1996), y 3 µl de Rv H1064 (5'-CTTTGAAGGCCTTCGGTTTA-3') (Zink *et al.*, 2005), se utilizaron 6 µl de plantilla de ADN, 15 µl de agua libre de endonucleasa.

El protocolo de amplificación fue adaptado de Zink *et al.*, (2005) y el termociclador se programó de la siguiente manera: 2.5 min a 95 °C de desnaturalización inicial, seguido de 40 ciclos de desnaturalización a 95 °C durante 30 seg. y la alineación a 58 °C durante 1 min y extensión a 72 °C durante 1 min, y una extensión final de 10 min a 72 °C.

Se conoció la integridad del tamaño esperado del producto de PCR, mediante electroforesis en gel de agarosa (1%) con bromuro de etidio, usando TAE 1X como solución amortiguadora, se tomó una muestra de 1.5 µl y se utilizó una escalera de peso molecular de 1000 pb para comparar con el peso molecular de la banda obtenida y se visualizó con una lámpara de luz ultravioleta. Los productos de PCR se prepararon y enviaron a Eton Bioscience Inc. San Diego California, EE. UU. A., donde se limpiaron y secuenciaron con el protocolo de Sanger *et al.*, (1977).

Análisis de los datos

Las secuencias obtenidas fueron alineadas y editadas utilizando el programa Clustal W (Larking *et al.*, 2007) contenido en el programa MEGA X (Kumar *et al.*, 2008), mismo que se utilizó para realizar el análisis filogenético. La identificación y localización del gen ND2 se determinó por la presencia de los codones de inicio-parada. Durante el examen de las secuencias de ADNmt, no encontramos la presencia de picos dobles, cambios de marco o cualquier codón de parada a lo largo de las secuencias del gen ND2.

Las secuencias de ADN se compararon con las secuencias disponibles en el GeneBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) mediante la aplicación BLAST (versión 2.4.0+; Altschul *et al.*, 1990). Valor E 0,00. Además se utilizó la base de datos de proteínas Expasy de (SIB) Swiss Institute of Bioinformatics (<https://www.expasy.org/>), (Gasteiger *et al.*, 2005), para desarrollar todos los análisis de identificación, visualización de proteínas, y construcción del modelo predictivo con la plantilla (5xtc.1.Q) -Seq. Identidad (47,81%), QMEAN (-4,45).

Los árboles filogenéticos se construyeron utilizando los modelos de vecino más cercano y de máxima verosimilitud y basados en 1000 psuedoreplicas de bootstrap, árboles de caracteres igualmente ponderados y con un consenso estricto.

Para la elaboración de los árboles se utilizaron, secuencias del gen ND2 de 205 individuos previamente secuenciados por Zink *et al.*, (2005) y Benham y Cheviron, (2019), registrados en GenBank con los siguientes números de adhesión AY584869.1 hasta AY584980.1 y MK425509.1 hasta MK593811.1), respectivamente. Este análisis de datos se realizó para reconocer la posición de los individuos de EPB con respecto a las secuencias existentes.

RESULTADOS

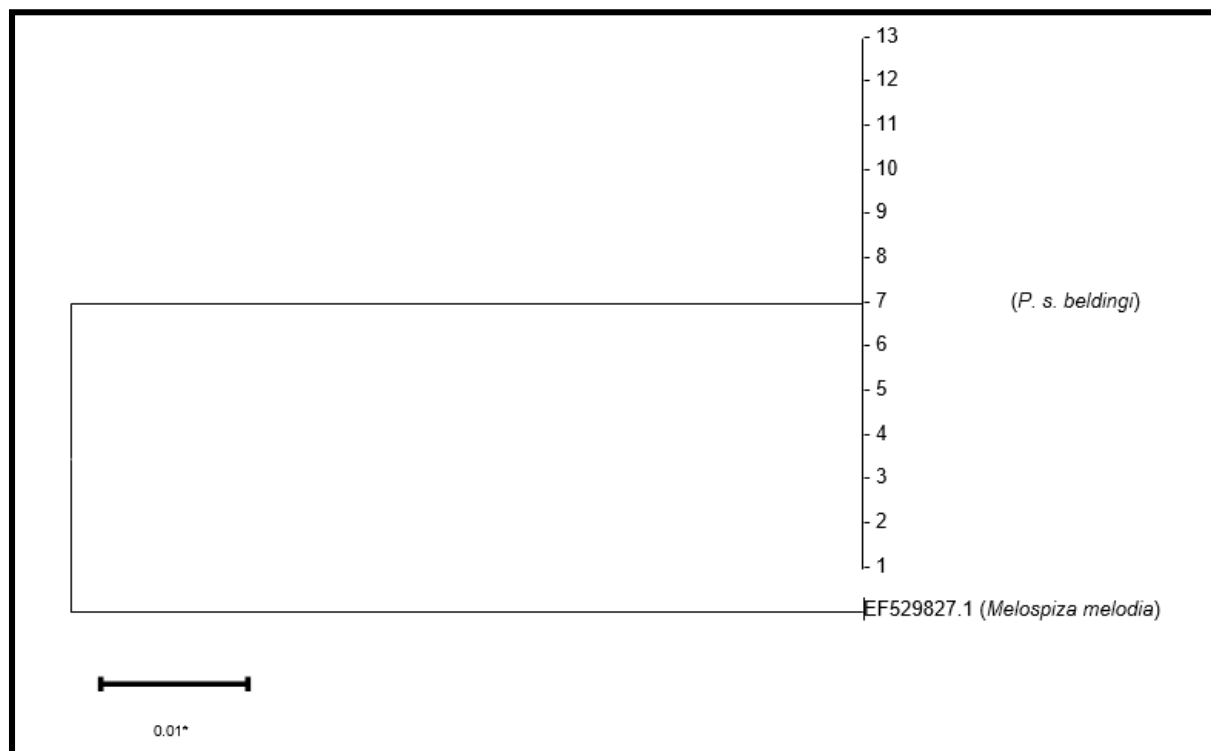
Un total de 15 individuos de *Passerculus sandwichensis beldingi* fueron capturados durante un esfuerzo de muestreo de 12 horas, en las temporadas de invierno y verano. Todos los individuos fueron anillados con marcas de colores.

Se efectuó un análisis completo de datos genéticos de NADH deshidrogenasa subunidad 2 en base a 13 individuos de la población del Estero de Punta Banda, resultando en un único haplotipo, teniendo diversidad de nucleótidos (π) de 0.0, y una diversidad de haplotipos (h) de 1 (Figura 1).

El Árbol filogenético de Máxima Verosimilitud (1001bootstrap), ($N = 218$) mostro 3 grandes grupos (Ver anexo 1 de este capítulo), que corresponden a dos clados de distribución continental, clado A de gorrión sabanero 'típico', y B, que es hermano del el clado C, donde se incluyen subespecies relativamente cercanas de *P. s. beldingi*, de las localidades de Baja California, Baja California Sur, San Diego y Sonora y noroeste de Sinaloa. Entre ellos se encuentran subespecies asociadas con sistemas costeros y áreas de marisma como *P. s. sanctorum*, *P. s. rostratus*, *P. s. anillo*, *P. s. magdalenae*, *P. s. atratus*, excepto por *P. s. sanctorum* que es de distribución insular (Cuadro1).

El alineamiento de la secuencia de aminoácidos de consenso comparada con respecto a la secuencia AY584892.1 que mostró un haplotipo diferente para *P.s. beldingi* de Bahía San Quintín, indico una mutación no letal (T271A), esta sustitución no representa la pérdida de estructuras secundarias (Figura 2).

Figura 1.- Árbol de vecino más cercano, (1-13) secuencias individuales de *P.s. beldingi* de Estero de Punta Banda. EF529827.1 *Melospiza melodia* como grupo externo. Distancia P (0,01*).



Cuadro 1.- Análisis de información del BLAST. (*) individuos de *Passerculus sandwichensis beldingi* de Bahía San Quintín, Baja California, México.

Gen	Subespecie	GenBank Num.	E – Valor	Identidad	Cobertura	Subespecies relacionadas	Bootstrap (%)
ND 2	<i>P.s. beldingi</i> Secuencia consenso.	AY584869.1- AY584882.1	0.00	100%	100%	<i>P. s. sanctorum</i>	100%
		AY584887.1- AY584893.1	0.00	100%	100%	<i>P. s. beldingi</i> *	100%
		AY584892.1	0.00	99.90%	100%	<i>P. s. beldingi</i> *	99%
		AY584914.1	0.00	99.90%	100%	<i>P. s. rostratus</i>	99%
		AY584884.1	0.00	99.90%	100%	<i>P. s. magdalenae</i>	99%
		AY584897.1	0.00	99.81%	100%	<i>P. s. annulus</i>	98%

Figura 2.- Comparación de secuencias de proteínas. Cambio en el sitio de sustitución de marcas rojas (T271A).

```

Consensus      1
MNPQANSIFIVSLLLGTITITISSNHWIMAWMGLEINTLAILPLISKSHHPRAIEAATKYF
Reference      1
MNPQANSIFIVSLLLGTITITISSNHWIMAWMGLEINTLAILPLISKSHHPRAIEAATKYF

*****

Consensus      61
LTQATASALVLFSSMTNAWQTGQWDITQLTHPMSCLILTSAVAMKLGVLVPFHFWFPEVLQ
Reference      61
LTQATASALVLFSSMTNAWQTGQWDITQLTHPMSCLILTSAVAMKLGVLVPFHFWFPEVLQ

*****

Consensus     121
GSPMITGLLLSTLMKLPPIITLLYMTSPSLDPTLLTALAILLSVALGGWMGLNQTQIRKILA
Reference     121
GSPMITGLLLSTLMKLPPIITLLYMTSPSLDPTLLTALAILLSVALGGWMGLNQTQIRKILA

*****

Consensus     181
FSSISHLGWMAIIIVYNPKLTLLNFCLYTVMTAAVFLTLNTIKVLKLTTLMTAWTKTPSL
Reference     181
FSSISHLGWMAIIIVYNPKLTLLNFCLYTVMTAAVFLTLNTIKVLKLTTLMTAWTKTPSL

*****

Consensus     241
NAVLLLTLTSLAGLPPLTGFLPKWLI IQEL KQDMA PAATLISLLSLLSLFFYLRLAYCT
Reference     241
NAVLLLTLTSLAGLPPLTGFLPKWLI IQEL KQDMA PAATLISLLSLLSLFFYLRLAYCT
*****
*****

Consensus     301 AITLPPHTTNHMKQWRTNKPTNITIAMLTTMSIMLLPISPMILTII
Reference     301 AITLPPHTTNHMKQWRTNKPTNITIAMLTTMSIMLLPISPMILTII
*****

```

DISCUSIÓN

Este estudio aporta los primeros resultados genético-poblacionales para la subespecie costera de gorrión sabanero de Belding (*Passerculus sandwichensis beldingi*), en el Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico. En comparación con los resultados de Zink *et al.*, (2005), donde encontraron 2 haplotipos de 7 gorrones de Belding ($\pi = 0,0002$) en la población reconocida más próxima en Bahía San Quintín.

Es importante mencionar que uno de esos haplotipos de los individuos de Bahía San Quintín, se encontró en todos los individuos del Archipiélago de San Benito *P. s. sanctorum* ($\pi = 0.0$), una subespecie diferente, y es el mismo haplotipo que encontramos en EPB. Esta situación sugiere un ancestro común en los linajes de esta subespecie. No se encontró ninguna diferencia entre nuestro árbol filogenético del locus mitocondrial ND2, y el construido por Zink *et al.*, (2005) y Benham y Cheverson, (2019). La presencia de tres clados principales es una constante en los análisis hechos por los autores antes mencionados. Por otro lado, el análisis de comparación de secuencias BLAST, mostró la tendencia de cercanía en el clado C, que corresponde a un grupo de subespecies con afinidad ecológica a los sistemas costeros (Zink *et al.*, 2005; Benham y Cheverson, 2019)

Considerando el tamaño limitado de muestras analizadas en este trabajo ($n=15$), es posible que un incremento en el número de especímenes examinados podría resultar en la identificación de diferentes haplotipos, y esto también mostrará la posibilidad de encontrar un haplotipo de *P.s. beldingi* de las localidades de San Diego y de la Reserva del Estuario del Río Tijuana ubicada 100km al norte de esta área de estudio.

Zink *et al.*, (2005), interpretaron un patrón de linaje de ADNmt simpátrico divergente como la mezcla de linajes históricamente aislados. Mientras tanto, Benham y Cheverson (2019), basándose en su análisis demográfico, concluyeron en que los linajes divergentes de ADNmt

surgieron dentro de una sola población grande y panmíctica. Sugieren que una historia de tamaños poblacionales grandes y constantes, llevó a inferencias marcadas sobre el papel de las asociaciones de hábitat y la población efectiva. Por esta razón, podemos encontrar haplotipos idénticos o muy similares entre diferentes subespecies.

La integración de los datos genómicos con el ADNmt en los estudios filogeográficos se vuelve fundamental para inferir con precisión la historia de las especies con una amplia distribución geográfica, que resuelve los mecanismos evolutivos detrás de patrones anómalos específicos de un locus (Benham y Cheviron, 2019). Aunque hay que tener cuidado con la aplicación de pruebas genéticas con el genoma y con el ADN mitocondrial, ya que hay casos raros en los que puede surgir una divergencia profunda del ADNmt, dentro de una sola especie / población panmíctica o entre especies clásicamente relacionadas, en contraste con un flujo significativo de genes nucleares. (Spottiswoode *et al.*, 2011; Hogner *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2019).

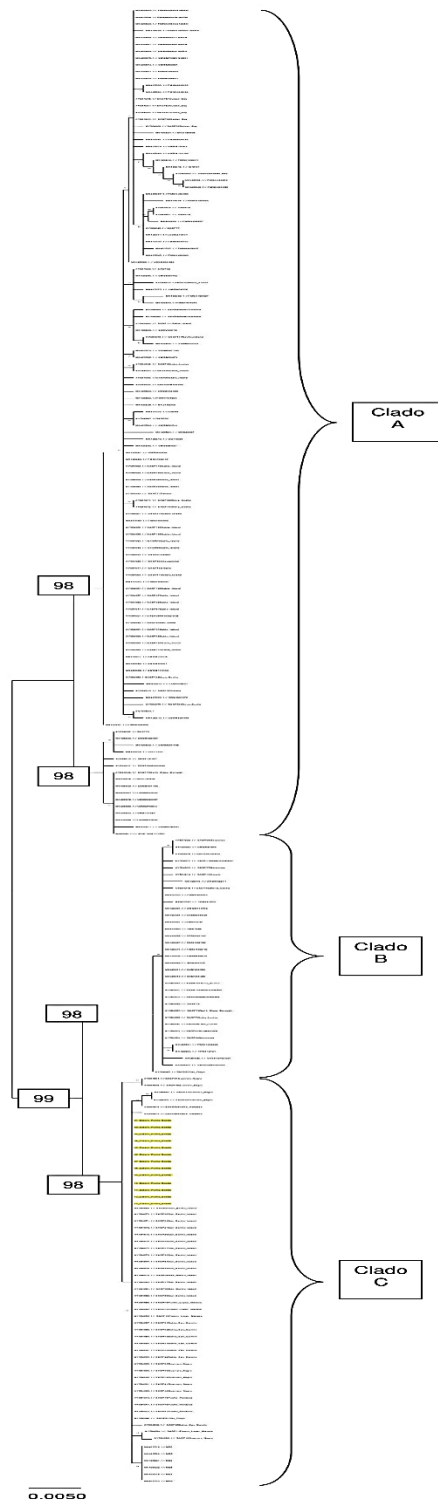
Esta situación es común en aves y puede considerarse un problema que involucra el caso cuando se cree que la divergencia real entre poblaciones o taxones es sustancialmente menor que la indicada por el ADNmt. Una opción para la eficiencia de estas situaciones es la expansión de pruebas o dianas en diferentes regiones informáticas del ADN genómico y mitocondrial, permitiendo una interrelación más precisa (Zhang *et al.*, 2019).

En cuanto a la mutación T271A para nuestras muestras analizadas, no encontramos un cambio importante en los parámetros fisicoquímicos, como el punto isoeléctrico. Además, la estructura del modelo 3D puede no tener ningún cambio estructural representativo, ya que la presencia de alanina al final de una hélice alfa puede no influir en la estructura secundaria (Myers *et al.*, 1997).

Desafortunadamente, las plantillas para construir un modelo son escasas. La estructura disponible más cercana es la versión humana de la enzima NADH deshidrogenasa con una identidad de secuencia del 47,81% (ID de PDB: 5XTC). Los polimorfismos cobran relevancia cuando las consecuencias se asocian a cambios fisiológicos como por ejemplo la afectación en el metabolismo del hierro y en el transporte de oxígeno, los cuales pueden provocar condiciones hipoxia. (Shi *et al.*, 2018).

La investigación referente a linajes genómicos y mitocondriales es una herramienta complementaria para la evaluación de especies que necesitan identificación o diferenciación poblacional, así como para conocer su estado de conservación actual y su futuro. La situación actual de baja variabilidad genética de *P.s. beldingi* en el Estero de Punta Banda, así como la que enfrenta en la costa de Baja California no es favorable para su supervivencia, ya que enfrenta fuertes amenazas e impactos, siendo evidente el abandono por parte de las autoridades federales que lo tienen catalogado como especie amenazada. Esta consideración debe ser reevaluada, para generar una aproximación real a su situación genético-poblacional. Si no se desarrolla un plan binacional entre México y los Estados Unidos de América, esta subespecie en particular podría desaparecer a corto o mediano plazo.

Anexo 1.- Árbol filogenético de Máxima Verosimilitud (1001bootstrap), ($N = 218$). En amarillo las secuencias de *P.s. beldingi* del Estero de Punta Banda, Baja California, México.



REFERENCIAS

- Akın, Ç., Can Bilgin, C., Beerli, P., Westaway, R., Ohst, T., Litvinchuk, S. N., ... & Plötner, J. (2010). Phylogeographic patterns of genetic diversity in eastern Mediterranean water frogs were determined by geological processes and climate change in the Late Cenozoic. *Journal of Biogeography*, 37(11), 2111-2124.
- Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ (1990) Basic local alignment search tool. *J Mol Biol* 215:403–410. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2)
- Avice, J. C. (2000). *Phylogeography: the history and formation of species*. Harvard university press.
- Bates, J. M., Tello, J. G., & Silva, J. M. C. (2003). Initial assessment of genetic diversity in ten bird species of South American Cerrado. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 38(2), 87-94.
- Benham, P. M., & Cheviron, Z. A. (2019). Divergent mitochondrial lineages arose within a large, panmictic population of the Savannah sparrow (*Passerculus sandwichensis*). *Molecular ecology*, 28(7), 1765-1783.
- Benham, P. M., & Cheviron, Z. A. (2020). Population history and the selective landscape shape patterns of osmoregulatory trait divergence in tidal marsh Savannah sparrows (*Passerculus sandwichensis*). *Evolution*, 74(1), 57-72.
- Dickinson, E. C., & L. Christidis (Eds.). (2014). The Howard & Moore complete checklist of the birds of the world, vol. 2, 4th ed. East Sussex, UK: Passerines. Aves Press.
- Gasteiger, E., Hoogland, C., Gattiker, A., Wilkins, M. R., Appel, R. D., & Bairoch, A. (2005). Protein identification and analysis tools on the ExPASy server. In *The proteomics protocols handbook* (pp. 571-607). Humana press.
- Greenberg, R., Maldonado, J. E., Droege, S. A. M., & McDonald, M. V. (2006). Tidal marshes: a global perspective on the evolution and conservation of their terrestrial vertebrates. *BioScience*, 56(8), 675-685.
- Hackett, S. J. (1996). Molecular phylogenetics and biogeography of tanagers in the genus *Ramphocelus* (Aves). *Molecular phylogenetics and evolution*, 5(2), 368-382.
- Hogner S, Laskemoen T, Lifjeld JT, Porkert J, Kleven O, Albayrak T, Kabasakal B, Johnsen A. 2012. Deep sympatric mitochondrial divergence without reproductive isolation in the common redstart *Phoenicurus phoenicurus*. *Ecol Evol*. 2(12): 2974-2988
- Hoysak, D. J., & Weatherhead, P. J. (1991). Sampling blood from birds: a technique and an assessment of its effect. *The Condor*, 93(3), 746-752.
- Kumar, S., Nei, M., Dudley, J., & Tamura, K. (2008). MEGA: a biologist-centric software for evolutionary analysis of DNA and protein sequences. *Briefings in bioinformatics*, 9(4), 299-306.
- Myers, J. K., Pace, C. N., & Scholtz, J. M. (1997). Helix propensities are identical in proteins and peptides. *Biochemistry*, 36(36), 10923-10929.
- Piñero, D., Caballero-Mellado, J., Cabrera-Toledo, D., Canteros, C. E., Casas, A., & Castañeda-Sortibrán, A. (2008). La diversidad genética como instrumento para la conservación

y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. *Capital natural de México*, 1, 437-494.

Possingham, H. P., Andelman, S. J., Noon, B. R., Trombulak, S., & Pulliam, H. R. (2001). Making smart conservation decisions. *Conservation biology: research priorities for the next decade*, 23, 225-244.

Ralph, C. J. (1997). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres* (Vol. 159). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station.

Schauer, M., Kottek, T., Schönherr, M., Bhattacharya, A., Ibrahim, S. M., Hirose, M., ... & Kunz, M. (2015). A mutation in the NADH-dehydrogenase subunit 2 suppresses fibroblast aging. *Oncotarget*, 6(11), 8552.

Shi, Y., Hu, Y., Wang, J., Elzo, M. A., Yang, X., & Lai, S. (2018). Genetic diversities of MT-ND1 and MT-ND2 genes are associated with high-altitude adaptation in yak. *Mitochondrial DNA Part A*, 29(3), 485-494.

Smith JA and Struhl K: Short Protocols in Molecular Biology, 5th edition. John Wiley & Sons, New York, p1512, 2002.

Spottiswoode CN, Stryjewski KF, Quader S, Colebrook-Robjent JFR, Sorenson MD. 2011. Ancient host specificity within a single species of brood parasitic bird. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 108(43): 17738-17742

Sturkie, P. D. (Ed.). (2012). *Avian physiology*. Springer Science & Business Media.

Wheelwright, N. T. and J. D. Rising (2008). Savannah Sparrow (*Passerculus sandwichensis*), version 2.0. In *The Birds of North America* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bna.45>

Wheelwright, N. T., & Mauck, R. A. (1998). Philopatry, natal dispersal, and inbreeding avoidance in an island population of Savannah Sparrows. *Ecology*, 79(3), 755-767.

Zhang, D., Tang, L., Cheng, Y., Hao, Y., Xiong, Y., Song, G., ... & Lei, F. (2019). “Ghost introgression” as a cause of deep mitochondrial divergence in a bird species complex. *Molecular biology and evolution*, 36(11), 2375-2386.

Zink, R. M., Rising, J. D., Mockford, S., Horn, A. G., Wright, J. M., Leonard, M., & Westberg, M. C. (2005). Mitochondrial DNA variation, species limits, and rapid evolution of plumage coloration and size in the Savannah Sparrow. *The condor*, 107(1), 21-28.

Capítulo IV

ANÁLISIS DE IMPACTOS Y AMENAZAS

Resumen

Se realizó el reconocimiento de los problemas ambientales, impactos y amenazas del sistema ecológico denominado Estero de Punta Banda (EPB), mediante la identificación de sus fuentes y las relaciones causales. Para la subespecie *Passerculus sandwichensis beldingi*, considerada como amenazada y como en peligro por México y los E.U.A., respectivamente, con la finalidad de hacer recomendaciones para su manejo y conservación. Se encontró que los individuos de este humedal enfrentan problemáticas no exclusivas para esta localidad, como es el aumento del nivel mar y la pérdida de su hábitat. Se ponderaron los impactos para esta subespecie en severidad y alcance, denotando que aquellos que no se mitiguen de manera próxima, aumentarían el riesgo de extinción local. Se deben de seguir las recomendaciones aquí descritas para asegurar el futuro de este gorrión en sus localidades de distribución.

Palabras clave: Subespecie amenazada, hábitat crítico.

Abstract

The environmental problems, impacts, and threats of the ecological system called Estero de Punta Banda (EPB) were recognized by identifying its sources and causal relationships. For the subspecies, *Passerculus sandwichensis beldingi* is considered threatened and endangered by Mexico and the United States, respectively, to make recommendations for its management and conservation. It was found that the individuals of these wetlands face problems not exclusive to this locality, such as the rise in sea level and the loss of their habitat. The impacts for this subspecies are weighted in severity and scope, denoting that those that are not mitigated shortly will increase local extinction risk. The recommendations described here should be followed to ensure the future of this sparrow in its distribution locations.

Key words: Threatened species, critical habitat.

INTRODUCCIÓN

La constante presión sobre los sistemas costeros naturales debido al desarrollo de las ciudades y las actividades agrícolas o turísticas, provocan la reducción, fragmentación y aislamiento de estos delicados entornos. La modificación de los sistemas ambientales ha acelerado enormemente el deterioro y el retroceso de la costa en muchas regiones costeras de todo el mundo (Kennish, 2001). Uno de los componentes más susceptibles a estos efectos son las especies animales que presentan un tipo de asociación con estos hábitats críticos (Williams y Grosholz, 2008).

Un ejemplo de estos casos son las aves endémicas y no migratorias que se presentan en las marismas costeras de la región mediterránea del sur de California y del noroeste de Baja California como *Rallus obsoletus levipes* y *Passerculus sandwichensis beldingi*, ambas especies bajo protección en México y Estados Unidos (Powell, 2006).

El hábitat de estas especies se encuentra bajo presión y amenaza persistentes, donde destacan dos de gran importancia, la reducción constante de su hábitat y el aumento del nivel del mar (Rosencranz, 2018). Además del desaprovechamiento de la cubierta vegetal, situación que favorece la erosión del suelo, la llegada de especies exóticas e invasoras (Richardson *et al.*, 2007). La condición climática cambiante agrava este escenario completo de impactos, causas y amenazas, viéndose reflejado en el alcance de los impactos. Una posible solución es desarrollar estrategias de mitigación, que aprovechan las características intrínsecas de los ambientes costeros (Parry *et al.*, 2007). Esta práctica debe basarse en el ordenamiento institucional, que se define como el conjunto de leyes, costumbres, organizaciones y estrategias de gestión que establece la sociedad para destinar recursos y valores a un fin social (Sorensen, *et al.*, 1992), busca de la meta del "*bien común*".

Para llegar al arreglo institucional es necesario lograr un conocimiento completo del sistema, a través de la evaluación e identificación de sus impactos y amenazas, para ello se requiere basar estas actividades en alguna metodología que lo permita como los métodos que proponen Hernández y colaboradores, (1999) los cuales son un compendio de herramientas para la evaluación de la calidad del hábitat y los impactos dentro de un panorama holístico, se identifican los principales actores, como lo son grupos o individuos y su influencia dentro del hábitat o ecosistema, donde se ubican los objetos de conservación.

En este trabajo se implementó parte de los métodos sugeridos por los autores mencionados. Se realizó una revisión y evaluación del sistema denominado Estero de Punta Banda EPB, el cual es un humedal de importancia internacional bajo la convención de Ramsar (Moreno- Higareda, *et al.*, 2019), ya que tiene diversas características que lo determinan como hábitat crítico para algunas especies como lo es *P. s. beldingi* en la región mediterránea de Baja California. Este humedal posee una gran diversidad de unidades ambientales además de su característica zona de marisma. Presenta presiones e impactos históricos y constantes de actividades humanas como el desarrollo costero desorganizado (Ibarra-Obando y Escofet, 1987).

Se identificó en este estudio la estrecha relación entre la subespecie y su hábitat como un sistema completo, se hizo el reconocimiento de los problemas ambientales (impactos, amenazas y sus fuentes de afectación) y las relaciones causales entre los principales actores, que incluyen un diagrama de causa y efecto (CE) de Ishikawa (también llamado diagrama de espina de pescado o simplemente diagrama de causa y efecto) como una herramienta eficaz para identificar causas de un problema (Bilsel y Lin, 2012), referentes a la subespecie *P.s.beldingi* y a su habitat, para hacer recomendaciones para su manejo y conservación.

METODOLOGÍA

Como herramienta para el diagnóstico ambiental, se utilizó el procedimiento descrito en Hernández *et al.*, (1999). Esto incluye la identificación de objetos de conservación, y la identificación de impactos y sus fuentes, la evaluación de grupos o individuos que hacen uso de los recursos, y el desarrollo de estrategias de conservación. Para los impactos y sus fuentes se utilizó como herramienta el diagnóstico ambiental. (Leyva-Aguilera *et al.*, 1997; Bravo, 1998; Gómez, 1999; Ortiz-Lozano, 1999).

Identificación de objetos de conservación

En el presente trabajo, se consideraron dos objetos de conservación: el hábitat y la subespecie *Passerculus sandwichensis beldingi* debido a su alta dependencia (Wheelwright y Rising, 2008).

Evaluación de objetos de conservación

Este paso contiene dos fases principales, la fase de reconocimiento directo y la fase de análisis de datos que se compone de la identificación, clasificación y valoración de los atributos considerados.

Trabajo de campo

Reconocimiento directo

Durante las temporadas de verano e invierno en los años 2019 a 2020, se realizaron visitas semanales a la zona de estudio EPB.

Identificación de las diferentes unidades ambientales

Se realizó la clasificación *in situ* de acuerdo con las características internas homogéneas del área, para ello se consideraron las formas geomorfológicas, tipo de suelo y pendiente. Además, se incluyó la presencia y tipo de vegetación.

Identificación de problemas ambientales

Este paso contiene dos fases principales, la fase de reconocimiento directo y la fase de análisis de datos que se compone de la identificación, clasificación y valoración de los atributos considerados.

Documentación directa de los problemas ambientales

Se realizó una matriz numérica con coeficientes de ponderación, lo que nos permitió priorizar. Esta ponderación se dividió en cuatro categorías en una escala geométrica: 4 (extremadamente alta), 2 (alta), 1 (media) y 0.5 (baja).

Durante las temporadas de verano e invierno en los años 2018 a 2019, se realizaron visitas semanales en las diferentes unidades ambientales y sus problemáticas, con la finalidad de detectar aquellas que llamaban la atención a simple vista y los factores que permitieran verificar la presencia de otros menos obvios. En la mayoría de los casos se obtuvo evidencia fotográfica. Se realizó una corroboración en el campo de las circunstancias y su presencia a lo largo del tiempo de estudio.

Trabajo de gabinete

Análisis de los datos

Una vez delimitadas las unidades ambientales con los resultados de la documentación directa, se realizó la valoración global del área de estudio según la metodología de Hernández *et al.*, (1999). Se asignaron valores al área de estudio, con base a los siguientes criterios: contribución, rareza, calidad y valor como herramienta o carisma. Cada criterio se basó en la siguiente puntuación.

a) Contribución: Se evaluó la importancia del Estero de Punta Banda en el sistema de humedales costeros de Baja California, se consideró la respuesta a la pregunta: ¿Qué impactos ambientales provocan la desaparición o alta degradación del EPB, en relación con los humedales costeros de Baja California?. La puntuación para evaluar este criterio fue la que se presenta a continuación

- 4 = Una contribución especialmente importante.
- 2 = Una contribución importante.
- 1 = Poca contribución.
- 0.5 = Casi ninguna contribución.

b) Rareza: Se evaluaron las diferentes especies, grupos de especies, comunidades, asociaciones y tipos de vegetación presentes en el área, para ello, fueron clasificados de acuerdo con su estado de protección en las leyes mexicanas. Se contemplaron las siguientes categorías: Peligro de extinción, especies amenazadas y vulnerables. Se agregó como aporte de este estudio a los endemismos actuales, ya que es un aspecto esencial en la evaluación de la rareza del sistema. Escalas de valor:

- 4 = Presencia de especies en peligro de extinción o endémicas.
- 2 = Presencia de especies amenazadas.

- 1 = Presencia de especies vulnerables.
- 0.5 = Estado indeterminado.

c) Calidad: Bajo estos criterios se evaluó el estado de conservación del sistema. Valor de puntuaciones:

- 4 = El ecosistema EPB es uno de los mejores o únicos ejemplos de conservación en la costa de Baja California.
- 2 = El ecosistema EPB es un buen ejemplo de humedal en la costa de Baja California.
- 1 = El ecosistema EPB es un ejemplo promedio de humedal en la costa de Baja California.
- 0.5 = El ecosistema EPB es un ejemplo no prominente de estos humedales costeros de Baja California.

d) Valor como herramienta o carisma: Aquí se evaluó el valor económico potencial, entre otros valores como la política, el ecoturismo, la educación, de influencia en las decisiones de conservación, como la presencia de especies bandera. Escala de valores:

- 4 = El ecosistema Estero de Punta Banda es particularmente importante o potencialmente influyente.
- 2 = El ecosistema EPB es un humedal útil o potencialmente útil en la costa de Baja California.
- 1 = El ecosistema EPB tiene un valor limitado.
- 0.5 = El ecosistema EPB tiene un valor escaso.

Todos los valores obtenidos se compararon con el trabajo de Leyva-Aguilera *et al.*, (1997), y con el plan de manejo actual para el sitio Ramsar 1604 (CONANP-Ramsar, 2012).

Evaluación de impactos

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

Valores de severidad

- 4 = La destrucción o eliminación de ese ecosistema.
- 2 = Una degradación significativa de ese ecosistema.
- 1 = Baja degradación del ecosistema.
- 0.5 = Por un ligero deterioro del ecosistema.

Valores de alcance

- 4 = Todo el sistema.
- 2 = Buena parte del sistema.
- 1 = Algunas partes del sistema.
- 0.5 = Partes pequeñas o aisladas del sistema.

* El valor de los impactos se obtiene de la media de estas dos perspectivas.

Finalmente, se evaluaron las fuentes con los aportes actuales y futuros de los impactos, en base a los siguientes criterios:

Valores de fuentes (ponderando la contribución actual)

- 4 = Cuando representa la principal causa de este impacto.
- 2 = Una causa e importancia adicionales de este impacto.
- 1 = Una causa menor de este impacto.
- 0.5 = Una causa irrelevante de este impacto.

Contribución futura

- 4 = En el caso de convertirse en la principal causa de este impacto.
- 2 = Si será una causa adicional e importante de este impacto.
- 1 = Si será una causa menor de este impacto.
- 0.5 = Si no contribuirá significativamente a este impacto.

* El valor de la fuente se obtuvo del promedio de la contribución actual y futura.

Fuentes y relaciones causales

La guía de Hernández *et al.*, (1999) puede determinar la relación entre causa e impactos que están presentes en el área de estudio al resaltar sus fuentes. Tener la oportunidad de apreciar la relación entre los componentes biológico y antropológico, entre otros, así como para detectar la actividad de origen que ocasiona los impactos, considerando a los actores principales como sus precursores. Las fuentes de los problemas se catalogaron de la siguiente manera:

- **Internos naturales:** Están constituidos por fuentes de origen natural que tienen una ubicación física dentro del ecosistema en estudio.

- **Antropogénico interno:** En esta categoría se consideraron aquellas fuentes de origen humano que se encuentran dentro de ella.

- **Externo natural:** Representado por eventos climáticos de macro escala como tormentas, ciclones, sequías, huracanes, inundaciones, etc. Ocurren fuera del sistema de estudio, aunque lo afecten.

- **Antropogénicos externos:** También ocurren fuera del sistema de estudio, aunque lo afectan y son de origen humano.

* Esta clasificación está de acuerdo con las recomendaciones de mantener una visión completa del paisaje y no se limita al interior del área de estudio (Ortiz-Lozano, 1999).

Identificación de actores

Los principales actores fueron identificados por su relación directa con las fuentes de los problemas ambientales, los cuales fueron clasificados de acuerdo con Sorensen *et al.*, (1992), se consideró el nivel de influencia a escala local, regional, nacional o transnacional. Ubicándolos en 8 categorías según la reclasificación de Leyva-Aguilera *et al.*, (1997). Esas categorías son las siguientes:

- 1) Servidores públicos.
- 2) Agencias gubernamentales.
- 3) Sector privado.
- 4) Instituciones de asistencia.
- 5) Comunidad científica.
- 6) Organizaciones de conservación.
- 7) Dueños de la costa.
- 8) Usuario de recursos artesanales y de subsistencia.

Diagrama de causa y efecto de Ishikawa (CE)

El diagrama de Ishikawa consta de un " espina " prominente al que están intrínsecamente conectadas las principales causas de los problemas; cada causa principal puede tener varias subcausas que conducen a las causas principales. Esto con el objetivo de mostrar los principales problemas de *P.s. beldingi* y su hábitat.

RESULTADOS

Según el estado actual del Estero de Punta Banda, encontramos un total de 4 grandes unidades ambientales que se componen de 13 unidades (Cuadro 1), con características ecológicas específicas y especies objetivo para la conservación, identificando su clase de propiedad, así como una recomendación para su política de uso de la tierra (Tabla 2).

Además, se obtuvo la valoración global del área de estudio EPB según los criterios de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta (Cuadro 3). Sobre la identificación de actores, se reportan 8 actores principales y su nivel de influencia a escala local, regional, nacional o transnacional (Tabla 4).

Tabla 1.- Unidades ambientales y su agrupación en 4 grandes grupos.

Unidades ambientales
Barra de arenosa.
Playa externa (Barra arenosa).
Playa terminal.
Parte Norte de la Barra.
Perisky's Camp.
Cuerpo de agua.
Espejo de agua.
Columna de agua.
Fondos lodosos.
Planicies lodosas.
Zona de marismas.
Baja
Media
Alta
Planicies salinas.
Dique Bos-Pacific

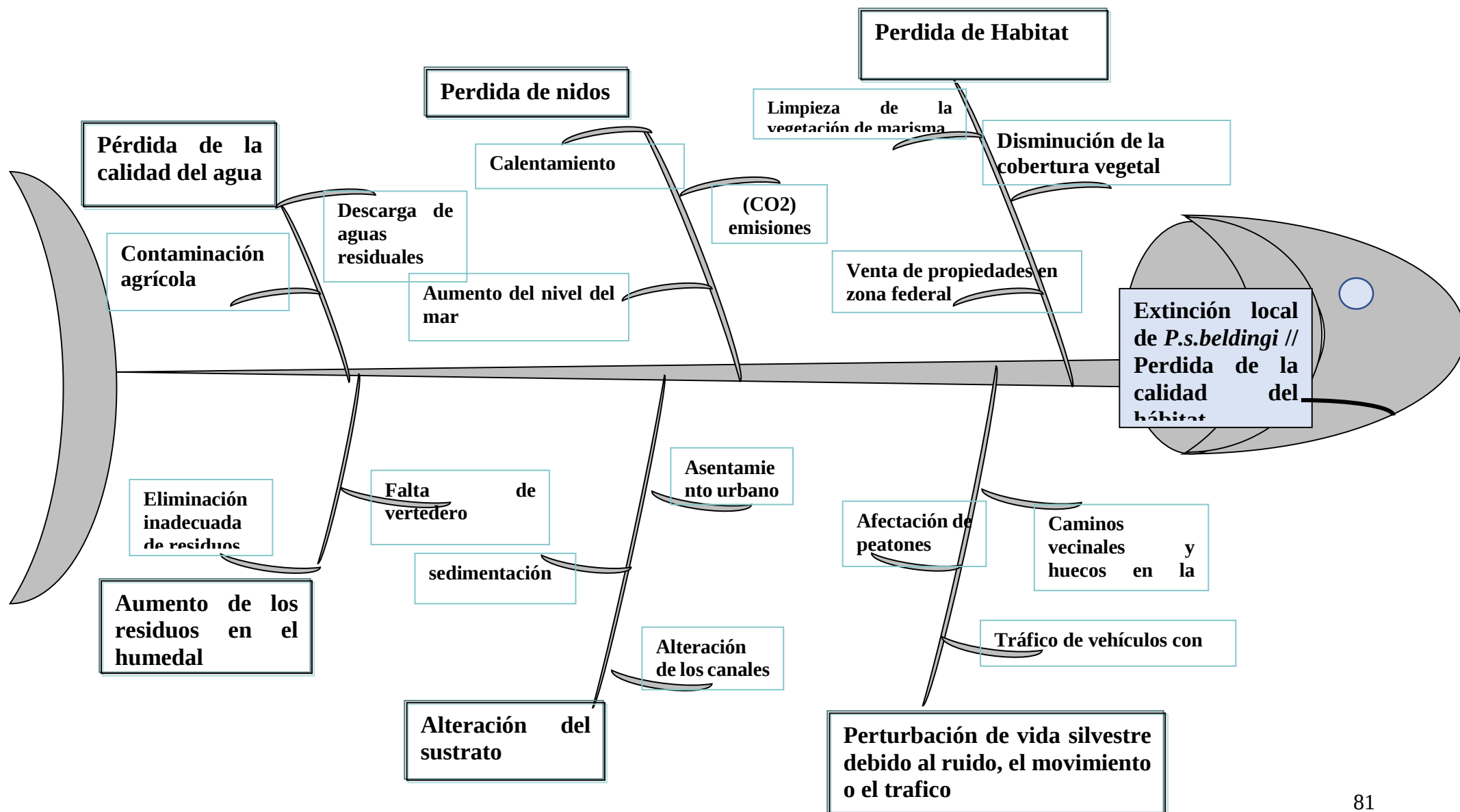
Se encontraron algunos cambios referentes a la escala de influencia en unos pocos actores y la desaparición y aparición de nuevas instituciones de distintos ámbitos. Adicionalmente, se determinó la reducción sobre el promedio de atributos que están presentes en el Estero de Punta Banda, una pérdida de 0.5 en la evaluación final. Se atribuyen estos cambios a los hechos ocurridos en los últimos años en relación con los resultados obtenidos en trabajos anteriores (Leyva-Aguilera *et al.*, 1997).

Tabla 3.- La puntuación del sistema Estero de Punta Banda según los criterios de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta, *valor para la comparación.

Puntuación para el sistema Estero de Punta Banda de acuerdo con los criterios de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta.	
Criterios	Puntuación
Contribución. Al sistema de humedales de la costa de Baja California.	4
Rareza. Presencia de especies endémicas y bajo alguna categoría de riesgo.	4
Calidad. Uno de los mejores ejemplos en la costa de Baja California.	2
Valor como herramienta. Tiene un amplio contexto económico regional y sirve como centro de educación ambiental.	4
Promedio	3.5*

Una parte esencial de esta evaluación fue identificar los principales impactos sobre la subespecie objetivo (Figura 1), utilizando las perspectivas de severidad y alcance. Dos de los impactos significativos fueron el aumento del nivel del mar y la pérdida de hábitat con la puntuación más alta. Si otras causas y problemas continúan o alcanzan un mayor nivel de alcance fueron: perturbación de la vida silvestre por ruido, movimiento o tráfico será igual a los dos mencionados anteriormente en unos años (Tabla 5).

Figura 1.- Diagrama de Ishikawa (CE).



Unidades ambientales	Características ecológicas	Algunas especies objetivo-incluidas	Tipo de propiedad	Recomendación política de uso de la tierra
Barra arenosa Playa exterior (Barra arenosa).	Hábitat de aves playeras. California Grunion Run desove. Reclutamiento de almejas.	<i>Caladris mauri</i> , <i>Limosa feoda</i> , <i>Charadrius nivosus</i> , <i>Leuresthes tenuis</i> , <i>Donax</i> spp.	FEDERAL (Zona Marítima Terrestre Federal)	Protección con Explotación Pasiva (PEP)
Playa terminal. Parte norte de la barra. Perisky's Camp.	Erosión, inundación. Inestabilidad geológica. Dunas embrionarias Presencia de especies con estado de conservación. Anidación de aves migratorias. Puesto de mamíferos marinos. La mayor variedad de hábitat. Un remanente de dunas. Remanente de salvia.	<i>Sternula antillarum</i> <i>Caladris mauri</i> , <i>Limosa feoda</i> , <i>Charadrius nivosus</i> . <i>Phoca vituline</i> . <i>Pelecanus occidentalis</i> . <i>Endémicas de dunas (Abronia maritima), matorral y endemismos (Dudleya brittonii).</i>	FEDERAL PRIVADA	Protección (preservación) (P) Protección con Explotación Pasiva (PEP)
Cuerpo de agua Espejo de agua (superficial). Columna de agua.	Intercambio con el Océano. Drenaje receptor de flujos naturales y antropogénicos. Hábitat de peces.	<i>Mugil cephalus</i> , <i>Roncador stearnsii</i> , <i>Paralabrax</i> spp., <i>Gillichthys mirabilis</i> , <i>Seriphus politus</i> .	FEDERAL	Protección con uso active (PUA)

Tabla 2.- Características de las unidades ambientales en el Estero de Punta Banda, *objeto de conservación.

Fondos lodosos. (incluye al pasto marino <i>Zostera</i> sp.).	Refugio de vida silvestre (la estructura de <i>Zostera</i>). Vulnerabilidad a la resuspensión de sedimentos (alto contenido de agua en sedimentos). Alimentación de peces/Pesca artesanal de especies de cebo.	<i>Paralichthys californicus.</i> <i>Donax</i> sp. <i>Upogebia californica.</i>	FEDERAL	Protección con Explotación Pasiva (PEP)
Planicie lodosa.	Hábitat de alimentación de aves y peces. Hábitat de cultivo de almejas. Hábitat de cangrejo preferencial.	<i>Limosa fedoa</i> <i>Numenius</i> sp. <i>Uca</i> sp.	FEDERAL	Protección con Explotación Pasiva (PEP)
Área de marisma. Baja Media Alta	Zona de recarga de acuíferos. Presencia de especies con estado de conservación Hábitat de aves; presencia de especies con estado de conservación Hábitat de aves; presencia de especies con estado de conservación	<i>Passerculus sandwichensis beldingi</i> * <i>Rallus obsoletus levipes</i> <i>Cordylanthus maritimus</i>	FEDERAL FEDERAL FEDERAL (sujeta a concesión)	Protección con Explotación Pasiva (PEP) Protección con Explotación Pasiva (PEP) Protección con Explotación Pasiva (PEP)
Planicies salinas.	Zona de recarga de acuíferos. Hábitat de aves.	<i>Salicornia</i> ssp.	FEDERAL (sujeta a concesión)	Protección con uso active (PUA)

Bos-Pacific Dam	Hábitat de aves secundaria. Comida y anidación.	<i>Himantopus mexicanus</i> , <i>Calidris mauri</i> , <i>Rynchops niger</i> . <i>Sternula antillarum</i>	FEDERAL	Restauración (no incluido en COCOTEN) (R)
Barra arenosa.	Urbanizada.	Vegetación secundaria.	PRIVADA	No incluida en COCOTEN, (1995) y FIR, (2006).

Tabla 4.- Identificación de los actores y su nivel de influencia a escala local, regional, nacional o internacional.

Actores	Local	Regional	Nacional	Internacional
Trabajadores públicos	Delegado municipal de ecología.	Secretario de Economía del Estado	Delegado de SEMARNAT-ZOFEMAT.	N/A
Agencias gubernamentales	Departamento de Ecología Ensenada	Secretario de Economía del Estado	Secretarios SEMARNAT-ZOFEMAT.	N/A
Sector privado	Hotel Estero Beach	N/A	N/A	N/A
Instituciones de asistencia y préstamo	N/A	N/A	FMC CONACYT CONABIO	USFWS
Comunidad científica	CICESE, FC UABC, FCMUABC, IIO-UABC	UABC COLEF	N/A	UCSD SDSU
Organizaciones no gubernamentales	Pro-Esteros A.C. Museo de Caracol de Ciencias A.C.	PRONATURA Noroeste, A.C.	PRONATURA A.C.	SJV
Propietarios costeros Manejadores de tierras	Familia Tarin. Propietarios en conflicto. Ejido Nacionalista Sánchez T. Ejido Esteban Cantú.	N/A	N/A	Baja-Beach Homeowners Association
Usuarios artesanos	Proveedores de servicios de pesca deportiva / Pescadores artesanales	N/A	N/A	Turismo pesquero

Tabla 5.- Identificación y evaluación de los impactos más significativos para la subsistencia de *Passerculus sandwichensis beldingi* impactos en severidad y alcance.

Impacto	Principales Causas/Problemas	Identificación	Fuente	Severidad/ Alcance	Promedio de impacto
Aumento del nivel del mar	Calentamiento global/emisiones de CO2	Documentación bibliográfica	Antropogénico externo	4/4	4
Pérdida de hábitat	Disminución de la cubierta vegetal / Limpieza de la vegetación en las zonas de marisma	Documentación bibliográfica	Antropogénico interno	4/4	4
	Aumento de la presión de herbivoría /Pastoreo de ovejas y cabras	Documentación directa	Antropogénico interno		
	Venta de terrenos en la zona federal / Las recomendaciones del plan de gestión del sitio no se obedecen.	Documentación directa	Antropogénico interno		
Perturbación de la vida silvestre debido al ruido, el movimiento o el tráfico.	Tráfico de vehículos a motor/ Carreteras de vecindad y huecos en la marisma.	Documentación directa	Antropogénico interno	2/3	3
	Tráfico de vehículos a motor/ Carreteras de vecindad y huecos en la marisma.	Documentación bibliográfica	Antropogénico interno		
Aumento de los residuos en el humedal	Eliminación inadecuada de residuos / Falta de vertedero	Documentación directa	Antropogénico interno	2/3	3
Pérdida de la calidad del agua	Contaminación Agrícola/ Descarga de Aguas Residuales	Documentación bibliográfica	Antropogénico externo	2/2	2
Disturbio del sustrato	Alteración de canales de marea/ Asentamiento urbano	Documentación directa	Antropogénico interno	2/2	2
	Sedimentación/ Modificación de canales de arroyos: Las Animas y San Carlos	Documentación remota y asignable.	Antropogénico externo	2/2	2

DISCUSIÓN

Un punto importante es que la evaluación realizada en este trabajo puede complementarse con otras metodologías, lo que es una forma más profunda de lograr un acercamiento a la condición futura del sistema. Como lo hicieron Ortiz-Lozano *et al.*, (2007), quienes ofrecen una herramienta para desarrollar criterios y métodos para el manejo en áreas protegidas.

En la revisión de Gedan, *et al.*, (2009), se encuentra que los impactos presentes en este humedal no son exclusivos de la condición económica o política dominante, característica de un país subdesarrollado. Porque son constantes en todas las marismas del mundo, donde se observan situaciones paralelas con la conservación de determinadas especies.

Los resultados muestran las acciones externas e internas de la intervención humana como la principal fuente de problemas ambientales. Se encontró concordancia con Morera *et al.*, (2007), que definen al factor humano como el mayor agente de cambio en la estructura paisajística y ecológica de un sistema a través de cambios en el uso del suelo que no son compatibles con su aptitud intrínseca, como en el caso de EPB, la venta de propiedades privadas dentro de áreas inundables o adyacentes a los márgenes de vegetación halófila. Esta es una de las principales causas la pérdida de hábitat para este gorrión (Rosencranz, 2018).

El reemplazo de pendientes graduales entre humedales y mesetas por transiciones abruptas que bordean el desarrollo urbano afecta las conexiones hidrológicas, provocando que el flujo natural de los canales de marea sea limitado, alterando la dinámica del sedimento, lo que muchas veces conduce al cierre de la desembocadura de las lagunas costeras. (Callaway y Zedler, 2004).

Durante el proceso de análisis comparativo con la evaluación realizada por Leyva-Aguilera *et al.*, (1997), se logró determinar que algunas causas, problemas o impactos han desaparecido de EPB. Una parte importante de este estudio fue hacer una actualización de los criterios de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta.

Se observó la reducción en el valor global en la evaluación, esto debido a que el EPB en contraste con otros humedales en la costa oeste de la Península de Baja California carece de restricciones efectivas o designaciones federales, como es el caso de Bahía San Quintín, como Áreas naturales protegidas privadas y convenios de gestión de destino para territorios en ambientes críticos con medidas de administración, referidas al uso y disposición de los recursos naturales. En este caso, EPB sale de instrumentos para hacer una gestión como el plan de CONANP-Ramsar, (2012). Sin embargo, a diferencia de Bahía San Quintín, no existen restricciones explícitas, medidas de mitigación o control para el desarrollo.

Ibarra-Obando y Escofet (1987), identificaron y cuantificaron una pérdida de 45ha de marisma hábitat crítico para este gorrión y otras especies vulnerables. Esto es el resultado de la alteración directa al sistema, en la unidad ambiental actualmente identificada como Dique Bos-Pacific, la cual está fuera de la descripción de COCOTEN, (1995) y fuera del polígono de Ramsar (CONANP-Ramsar, 2012), esto se debe a sus características de sistema transformado con atributos de eutrofización. Esta medida equivale al 20% del área histórica de marisma. Según Morera *et al.*, (2007) y su descripción del proceso de fragmentación del paisaje y de los ecosistemas, lo clasifican como salpicaduras, pero la cuantificación de 1987 es antigua, en la actualidad se puede percibir que este porcentaje es mayor, por ello es necesario cuantificar la pérdida de cobertura vegetal con el apoyo de herramientas cartográficas satelitales.

La restauración de las marismas debe considerar el aislamiento y la fragmentación del hábitat, los impactos de especies exóticas, la pérdida de hábitats de tierras altas y la dinámica hidrológica y de los sedimentos. Las marismas generan algunos de los servicios ecosistémicos más valiosos entre los ecosistemas naturales (Constanza *et al.*, 1997), por esta razón, es importante conservar estos ambientes para que se mantengan logre la existencia de las especies asociadas a ellos (Stevens y Conway, 2020). Esto con el fin de disminuir la amenaza de extinciones locales, que podrían llevarán a la pérdida total de esta subespecie.

RECOMENDACIONES DE MANEJO DEL HABITAT DE BELDING'S

SAVANNAH SPARROW (*Passerculus sandwichensis beldingi*).

Adaptación de CONANP-Ramsar. (2012).



Tipo de recomendación	Total	Color
Mitigación	4	
Control	6	
Mejora	11	
Total	21	

1. -Toda actividad deberá ser compatible y asegurar la permanencia de los criterios que dieron origen a la designación del sitio como un humedal de importancia internacional.
2. -Promover el desarrollo de estudios e investigaciones que permitan incrementar el conocimiento del sitio, generando información referente a especies enlistadas bajo alguna categoría de riesgo.
3. -Considerar el realizar proyectos de restauración desde una perspectiva multidisciplinaria.
4. -Promover la capacitación y participación comunitaria en acciones de conservación y uso sostenible, buscando la apropiación de los recursos del paisaje.
5. -Desarrollar acciones para la adaptación y mitigación al cambio climático, asegurando que las zonas dentro la marisma que son mayores al nivel medio de las mareas permanezcan sin alteraciones.
6. -Llevar a cabo acciones para el control y erradicación de especies exóticas invasoras
7. -Observar la aplicación de las normas en materia de descargas de aguas residuales, procurando evaluaciones periódicas de la calidad del agua.

8. -Observar la aplicación de las normas en materia de desechos sólidos, evitando los vertederos irregulares.
9. -Vigilar que ninguna actividad inmobiliaria afecte la superficie que ha sido designada como humedal de importancia internacional y las zonas de inundación por dinámica de mareas.
10. -Limitar el movimiento de vehículos motorizados y la apertura arbitraria de brechas dentro de la zona de marisma.
11. -Evitar la modificación de los canales de marea: desvío, relleno o ampliación.
12. -Asegurar que las actividades de caza y pesca que se lleven a cabo sean únicamente de subsistencia y bajo criterios de sustentabilidad.
13. -Procurar el acercamiento con los ganaderos que efectúan pastoreo libre en las áreas de marisma.
14. -Crear señalética referente al desarrollo de actividades turístico-recreativas, promoviendo así la substitución de actividades (Ej: utilizar kayaks y dejar en desuso los jets skys).
15. -Promover la vinculación de dueños de la tierra con las actividades que los diferentes actores en pro de la conservación: asociaciones de asistencia, no-gubernamentales y con la comunidad científica.

REFERENCIAS

- Bilsel, R. U., & Lin, D. K. (2012). Ishikawa cause and effect diagrams using capture-recapture techniques. *Quality Technology & Quantitative Management*, 9(2), 137-152.
- Callaway, J. C., & Zedler, J. B. (2004). Restoration of urban salt marshes: lessons from southern California. *Urban Ecosystems*, 7(2), 107-124.
- CONANP-Ramsar. (2012). PLAN DE MANEJO SITIO RAMSAR ESTERO DE PUNTA BANDA. 15/11/20, de Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Sitio web:http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/ESTERO_PUNTA_BANDA.pdf
- Costanza R, D'Arge R, DeGroot R, Farber S, Grasso M, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253–80
- Gedan, K. B., Silliman, B. R., & Bertness, M. D. (2009). Centuries of human-driven change in salt marsh ecosystems. *Annual review of marine science*, 1, 117.
- Hernández, M. A., Abril, G. M., & Yáñez, A. H. (1999). *Guía de análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales*. Nature Conservancy.
- Ibarra-Obando, S. E., & Escofet, A. (1987). Industrial development effects on the ecology of a Pacific Mexican estuary. *Environmental Conservation*, 14(2), 135-141.
- Leyva-Aguilera, C., Angoa, M., & Escofet, A. (1997). Definición de un contexto operativo para la aplicación de políticas de protección en el estero de Punta Banda (Baja California, México). Programa y memoria de resúmenes, III Congreso Nacional sobre Áreas Naturales Protegidas de México “Dr. Miguel Álvarez del Toro”, Tuxtla Gutiérrez. *Chiapas*, 12-14.
- Moreno-Higareda, H. R., Campos, E., Cueva, H. D. L., García-Zárate, M. A., & Martínez-Ríos Del Río, L. (2019). ¿Amenaza un bivalvo exótico al rascón picudo en Baja California?. *Huitzil*, 20(2).
- Morera, C., Pintó, J., & Romero, M. (2007). Paisaje, procesos de fragmentación y redes ecológicas: aproximación conceptual. *Corredores biológicos: acercamiento conceptual y experiencia en America*, 11-47.
- Ortiz-Lozano, L. (2000). *Problemática ambiental, actores y conflictos de uso en barra del tordo, Tamaulipas*. Tesis de Maestría. Colegio de la Frontera Norte. Tijuana Baja California,
- Ortiz-Lozano, L., Espejel, I., Granados-Barba, A., & Arceo, P. (2007). A functional and integrated approach of methods for the management of protected marine areas in the Mexican Coastal Zone. *Ocean & coastal management*, 50(5-6), 379-391.
- Parry, M., Parry, M. L., Canziani, O., Palutikof, J., Van der Linden, P., & Hanson, C. (Eds.). (2007). *Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC* (Vol. 4). Cambridge University Press.
- Powell, A. N. (2006). Are southern California's fragmented salt marshes capable of sustaining endemic bird populations? *Studies in avian biology*, 32, 198.
- Powell, A. N., & Collier, C. L. (1998). Reproductive success of Belding's Savannah Sparrows in a highly fragmented landscape. *The auk*, 115(2), 508-513.

Richardson, D. M., Holmes, P. M., Esler, K. J., Galatowitsch, S. M., Stromberg, J. C., Kirkman, S. P., & Hobbs, R. J. (2007). Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and distributions*, 13(1), 126-139.

Rosencranz, J. A., Thorne, K. M., Buffington, K. J., Takekawa, J. Y., Hechinger, R. F., Stewart, T. E., ... & Patton, R. T. (2018). Sea-level rise, habitat loss, and potential extirpation of a salt marsh specialist bird in urbanized landscapes. *Ecology and evolution*, 8(16), 8115-8125.

Sorensen JC, McCreary ST, Brandani A. Coasts: institutional arrangements for managing coastal resources and environments. Coastal Resources Center, Rhode Island University; 1992.

Stevens, B. S., & Conway, C. J. (2020). Predictive multi-scale occupancy models at range-wide extents: Effects of habitat and human disturbance on distributions of wetland birds. *Diversity and Distributions*, 26(1), 34-48.

Wheelwright, N. T. and J. D. Rising (2008). Savannah Sparrow (*Passerculus sandwichensis*), version 2.0. In *The Birds of North America* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bna.45>

Williams, S. L., & Grosholz, E. D. (2008). The invasive species challenge in estuarine and coastal environments: marrying management and science. *Estuaries and Coasts*, 31(1), 3-20.