



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

ECOLOGÍA DEL ENDÉMICO Y DIVERSIDAD DE CANTOS DE LA
MASCARITA PENINSULAR *Geothlypis beldingi* EN OASIS DE
BAJA CALIFORNIA SUR.

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

P r e s e n t a

Ismerai Betsabeel Córdova Rojas

La Paz, Baja California Sur, febrero de 2021.

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 17:55 horas del día 11 del Mes de febrero del 2021, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"**ECOLOGÍA DEL ENDÉMICO Y DIVERSIDAD DE CANTOS DE LA MASCARITA PENINSULAR *Geothlypis beldingi* EN OASIS DE BAJA CALIFORNIA SUR.**"

Presentada por el alumno:

Ismerai Betsabeel Córdova Rojas

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN **ECOLOGÍA DE ZONAS ÁRIDAS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

R ='



Dr. Ricardo Rodríguez Estrella
Director de Tesis

Dr. Gorgonio Ruiz Campos
Co-Tutor de Tesis



Dra. Bertha Patricia Escalante Pliego
Co-Tutora de Tesis

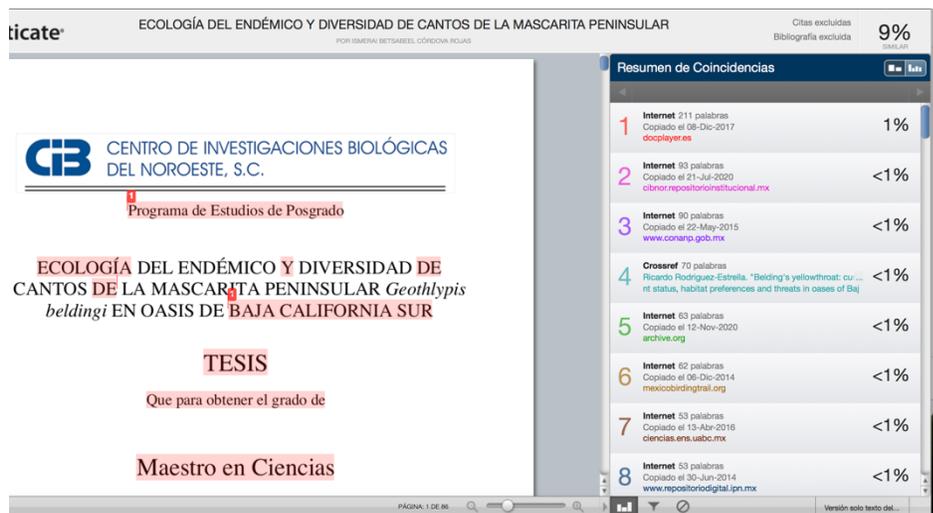


Dra. Gracia Alicia Gómez Anduro,
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos.

La Paz, Baja California Sur, a 12 de febrero de 2021.

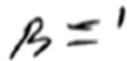
Los miembros del comité de tesis del (la) estudiante Ismerai Betsabeel Córdova Rojas del Programa de Maestría en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los recursos Naturales con orientación en Ecología de Zonas Áridas, revisamos el contenido de la tesis y otorgamos el VoBo dado que la tesis no representa un plagio de otro documento como lo muestra el reporte de similitud realizado:

- Herramienta antiplagio:
iThenticate
- Filtros utilizados:
Excluir citas: Activado
Excluir bibliografía: Activado
- Porcentajes de similitud:
9 %
Se muestra captura de pantalla



Match #	Source	Words	Similarity %
1	Internet	211 palabras	1%
2	Internet	63 palabras	<1%
3	Internet	90 palabras	<1%
4	Crossref	70 palabras	<1%
5	Internet	63 palabras	<1%
6	Internet	62 palabras	<1%
7	Internet	53 palabras	<1%
8	Internet	53 palabras	<1%

Firmas del comité



Dr. Ricardo Rodríguez Estrella



Dr. Gorgonio Ruiz Campos



Dra. Bertha Patricia Escalante Pliego



Conformación de comités

Comité Tutorial

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Director de Tesis

Dr. Gorgonio Ruiz Campos
Universidad Autónoma de Baja California
Co-Tutor de Tesis

Dra. Bertha Patricia Escalante Pliego
Universidad Nacional Autónoma de México
Co-Tutora de Tesis

Comité Revisor de Tesis

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella
Dr. Gorgonio Ruiz Campos
Dra. Bertha Patricia Escalante Pliego

Jurado de Examen

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella
Dr. Gorgonio Ruiz Campos
Dra. Bertha Patricia Escalante Pliego

Suplente

Dr. Fernando González García

Resumen

La mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi* Ridgway, 1882; Familia Parulidae) es un ave endémica de Baja California Sur. Su distribución se encuentra asociada a vegetación emergente de los cuerpos de agua dulce (arroyos y oasis) en Baja California Sur, por lo que su presencia es muy vulnerable a las alteraciones de hábitat por procesos naturales o antropogénicos. Las modificaciones al hábitat han ocasionado un declive en sus poblaciones, por lo que está categorizada en peligro de extinción (NOM-059-Semarnat-2010) y como especie vulnerable (IUCN). A pesar de su situación actual, existen pocos estudios ecológicos que permitan desarrollar estrategias adecuadas para su conservación. Siendo así, en este trabajo se determinó que la distribución de la especie es discontinua debido al arreglo espacial que tienen los oasis sudcalifornianos. Mientras que el mayor número de reportes de presencia de la especie se dio durante las temporadas de primavera e invierno. Las localidades con mayores registros fueron San José del Cabo al sur y San Ignacio al norte. Se evaluó su abundancia durante la temporada de invierno 2020 en 9 oasis, el sitio que presentó la mayor abundancia durante este estudio fue San José del Cabo seguido de Santiago, Punta San Pedro, San Ignacio y La Purísima. Estos resultados fueron comparados con aquellos obtenidos en 1999, encontrando similitud con los sitios reportados con la mayor abundancia a excepción de Santiago. Sin embargo, para este trabajo no se encontró relación significativa entre la abundancia y el tamaño de los oasis ($r^2 = 0.024$; $P = 0.69$) donde están establecidas estas poblaciones. Adicionalmente, se determinó que todos los oasis están amenazados de menor a mayor grado por las actividades humanas, siendo el turismo la actividad que representa una mayor amenaza. Por último, se realizó un análisis cualitativo de la estructura del canto de 3 localidades. Los resultados sugieren un posible aislamiento geográfico, sin embargo, se recomienda ampliamente realizar un estudio con un mayor número de muestras para poder obtener un análisis más detallado y robusto.

Palabras clave: *distribución, repertorio vocalizaciones, Geothlypis beldingi, oasis, Baja California Sur, México.*

ORCID: 0000-0002-2440-5323

R₃ = 1

Vo. Bo. Dr. Ricardo Rodríguez Estrella

Director de Tesis

Summary

The Belding's Yellowthroat (*Geothlypis beldingi* Ridgway, 1882; Family Parulidae) is an endemic bird of Baja California Sur. Its distribution is associated with the emergent vegetation of freshwater bodies (streams and oases) in Baja California Sur, so its presence is very vulnerable to habitat alterations by natural or anthropogenic processes. The modifications to the habitat have caused a decline in its populations, which is why it is categorized in danger of extinction (NOM-059-Semarnat-2010) and as a vulnerable species (IUCN). Despite its current situation, there are few ecological studies that allow the development of adequate strategies for its conservation. Thus, in this work it was determined that the distribution of the species is discontinuous due to the spatial arrangement of the South Californian oases. While the highest number of reports of the presence of the species occurred during the spring and winter seasons. The localities with the highest records were San José del Cabo to the south and San Ignacio to the north. Its abundance was evaluated during the 2020 winter season in 9 oases, the site that presented the highest abundance during this study was San José del Cabo followed by Santiago, Punta San Pedro, San Ignacio and La Purísima. These results were compared with those obtained in 1999, finding similarity with the sites reported with the highest abundance except for Santiago. However, for this work, no significant relationship was found between the abundance and the size of the oases ($r^2 = 0.024$; $P = 0.69$) where these populations are established. Additionally, it was determined that all oases are threatened from less to greater degree by human activities, with tourism being the activity that represents the greatest threat. Finally, a qualitative analysis of the song structure of 3 localities was carried out. The results suggest a possible geographic isolation, however, it is highly recommended to carry out a study with a greater number of samples in order to obtain a more detailed and robust analysis

Keywords: *distribution, repertories of vocalization, Geothlypis beldingi, oases, Baja California Sur, Mexico.*

ORCID: 0000-0002-2440-5323

R = 1

Vo. Bo. Dr. Ricardo Rodríguez Estrella
Director de Tesis

Dedicatoria

A mis papás

Quienes siempre han creído en mí y me han apoyado siempre en cada decisión que he tomado durante mi carrera profesional y personal.

A mis hermanos

Quienes siempre han estado ahí para apoyarme bajo cualquier circunstancia y así poder cumplir mis sueños en la vida.

A Mati

A mi sobrino querido, ese pequeño travieso que de vez en cuando me hace enojar, pero sobre todo siempre me hace reír con sus ocurrencias. Durante este posgrado, cuando volvía a casa en vacaciones, siempre se las ingeniaba para estar a mi lado y evitar que trabajara en la tesis.

Agradecimientos

Al CONACyT por haberme otorgado la beca (No. 715335) para poder realizar mis estudios de Posgrado.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. por facilitarme el uso de sus instalaciones, así como sus vehículos para poder llevar a cabo las actividades de campo necesarias para realizar este trabajo.

A mi Director de Tesis, el Dr. Ricardo Rodríguez Estrella por sus enseñanzas durante sus clases, por el tiempo dedicado a escuchar mis inquietudes y orientarme durante el desarrollo de este trabajo. Por todos sus consejos para crecer profesionalmente, pero sobre todo por su paciencia durante este tiempo por mi poca experiencia en la realización de esta tesis.

A mis Co-Tutores de Tesis, el Dr. Gorgonio Ruiz Campos y la Dra. Patricia Escalante por sus consejos y observaciones a este trabajo.

A mis compañeros Gregorio, Chak, Tomas y al técnico José Abelino Cota (Beli) por su gran apoyo durante los trabajos de campo.

A Lupita, Mariana, Adriana Caceres y Josymar por su apoyo en disipar mis dudas existenciales con la tesis, además de su echarme porras en todo momento.

A Estela, Claudia, Alicia, Javier y Jorge por todas las porras que me dieron durante este Posgrado. Pero sobre todo a Gerardo y Ernesto por todos los consejos y material fotográfico que me brindaron para este trabajo.

A mis compañeros de maestría por todos los buenos momentos que pasamos juntos durante este Posgrado.

Al Ing. Horacio Sandoval por el tiempo y apoyo dado durante mi estancia en el CIBNOR.

Contenido

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
Lista de figuras	vii
Lista de tablas	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	7
2.1 Descripción de la especie	7
2.2 Distribución	8
2.3 Abundancia	10
2.4 Vocalizaciones	12
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. HIPÓTESIS	18
5. OBJETIVOS	19
5.1 Objetivo general	19
5.2 Objetivos particulares	19
6. MATERIAL Y METODOS	20
6.1 Área de estudio	20
6.1.1 San Ignacio	21
6.1.2 La Purísima y San Isidro	22
6.1.3 Comondú	23
6.1.4 San Bartolo	24
6.1.5 Santiago	24
6.1.6 El Chorro	25
6.1.7 San José del Cabo	25
6.1.8 Punta San Pedro	26
6.2 Distribución geográfica de <i>Geothlypis beldingi</i>	26
6.3 Abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i> en oasis de Baja California Sur	27
6.4 Evaluación del grado de amenazas de las poblaciones de <i>Geothlypis beldingi</i>	29
6.5 Obtención de vocalizaciones <i>Geothlypis beldingi</i>	30
6.6 Análisis de vocalizaciones	30
7. RESULTADOS	34
7.1 Distribución geográfica de <i>Geothlypis beldingi</i>	34
7.1.1 Registros totales	35
7.1.2 Registro por temporadas	36
7.1.3 Primavera	37
7.1.4 Verano	41
7.1.5 Otoño	43

7.1.6 Invierno	45
7.1.7 Registros por estación del año	47
7.2 Abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i> en oasis de Baja California Sur	49
7.3 Evaluación del grado de amenazas de los oasis	52
7.4 Vocalizaciones <i>Geothlypis beldingi</i>	54
7.4.1 Análisis cualitativos del canto de <i>Geothlypis beldingi</i> en oasis de BCS	54
8. DISCUSIÓN	58
8.1 Distribución geográfica	58
8.2 Abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i>	61
8.3 Amenazas	62
8.4 Variación del canto de <i>Geothlypis beldingi</i> en oasis de Baja California Sur	63
8.5 Implicaciones para la conservación.....	66
8.5.1 Amenazas.....	66
8.5.2 Cantos	67
9. CONCLUSIÓN	68
10. LITERATURA CITADA	69

Lista de figuras

Figura 1. Descripción de la especie. En la imagen a) se observa un macho de <i>Geothlypis beldingi</i> que presenta la máscara negra con el bordeado amarillo en la cabeza (flecha roja); en b) hembra, en que la coloración del plumaje es más simple en comparación con el macho; c) macho inmaduro de <i>G. beldingi</i> , muy parecidos a las hembras, presentando desde un pequeño bigote hasta un moteado en todo el rostro y; d) un adulto macho de <i>Geothlypis trichas</i> , pariente cercano de nuestra especie de estudio. Fotografías: (a) Ernesto Pérez y (b, c, d) Gerardo Marrón.....	8
Figura 2. Espectrograma. Representación gráfica del canto de la mascarita común (<i>Geothlypis trichas</i>) donde se observan los parámetros para realizar análisis. Tomado de Bolus (2014).....	14
Figura 3. Área de estudio para <i>Geothlypis beldingi</i> . Oasis al norte de BCS: San Ignacio, La Purísima, San Isidro, San José de Comondú y San Miguel de Comondú. Oasis al sur de BCS: San Bartolo, San Ignacio, Santiago, El Chorro, San José del Cabo y San Pedro de la Presa.....	21
Figura 4. Representación esquemática del método de transecto a través del perímetro de un oasis para cuantificar el número de individuos (observados o escuchados) presentes de <i>Geothlypis beldingi</i>	28
Figura 5. Descripción del canto de <i>Geothlypis beldingi</i> . Se identificó el número total de notas que contiene una frase, así como el número total de frases dentro del canto. A cada nota se le asignó una letra diferente (a, b, c y d) para su clasificación.....	31
Figura 6. Variables consideradas para un análisis cuantitativo del canto de <i>Geothlypis beldingi</i> . El objetivo fue una comparación entre 10 poblaciones utilizando 9 variables del canto de la Mascarita.....	32
Figura 7. Distribución geográfica de <i>Geothlypis beldingi</i> en Baja California Sur, basado en registros obtenidos de GBIF (n=2,095). La mayor parte se concentra en la parte sur del estado, en la región del Cabo.....	35
Figura 8. Distribución geográfica de <i>Geothlypis beldingi</i> por temporadas. La temporada que tiene mayores registros para ambas regiones (norte y sur) es la primavera (n=686), invierno (n=630), otoño (n=492) y verano (n=279).....	37
Figura 9. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de primavera para la región norte. Para esta temporada se tiene registros de cinco localidades: San Ignacio, La Purísima (PU) San Isidro (IS), Comondú y Mulegé.....	39
Figura 10. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de primavera para la región sur. Se tiene reporte de 15 localidades: Cabo San Lucas, Todos Santos, Punta San Pedro, La Paz, San José del Cabo, Santa Anita (SA), El Cardonal (CA), Sierra La Laguna (SL), Boca de la Sierra (BS), La Ribera, Santiago, Miraflores (MI), Santa Rita (SR), El Chorro (CH), El Triunfo (TR) y Ejido El Rosario (RO).....	40
Figura 11. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de verano para la región norte. Los registros para esta temporada se concentran principalmente en el oasis de San Ignacio, además de tener pocos reportes en Mulegé, Comondú e inclusive en la Isla San José (n=2).....	41
Figura 12. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de verano para la región sur. Para esta temporada se reportan 13 localidades: Cabo San Lucas, Todos Santos (TS), Punta San Pedro (SP), Miraflores (MI), Caduaño (CA), San José del Cabo, La Paz,	

Boca de la Sierra, Santa Rita, Santiago, La Ribera (RI), Buenavista (BV) y Sierra La Laguna.....	42
Figura 13. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de otoño para la región norte. Se tienen reportes para 6 localidades para esta temporada: San Ignacio, Mulegé (MU), Comondú (CO), Bahía Tortugas, Loreto (LO) y La Purísima (PU).....	43
Figura 14. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de otoño para la región sur. Se tienen reportes de la presencia de la especie en 17 localidades: Todos Santos (TS), Punta San Pedro (SP), La Paz, Cabo San Lucas, Caduaño (Cñ), Santiago, Miraflores (MI), San José del Cabo (SJC), La Ribera (RI), Eureka (EU), Sierra La Laguna, Santa Rita (SR), Agua Caliente, El Chorro (AG), Arroyo Las Cuevas (LC), Campamento (CA), Estanque (ES) y Pescadero (PE).....	44
Figura 15. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de invierno para la región norte. Se tienen reportes para esta temporada en 4 localidades: San Ignacio, Mulegé, San Bruno y Comondú.....	45
Figura 16. Registros por localidad de <i>Geothlypis beldingi</i> en la temporada de invierno para la zona sur del estado. Se tienen reportes para esta temporada en 4 localidades: San Ignacio, Mulegé, San Bruno y Comondú.....	47
Figura 17. Relación entre la abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i> y el tamaño de los oasis muestreados en su ámbito de distribución en Baja California Sur ($R^2 = 0.024$; $P = 0.69$)....	52
Figura 18. Biplot de CCA. Se muestra la relación entre las actividades humanas y los factores demográficos en los oasis. PI: poblados independientes, Sup: superficie oasis, PT: población total, DT: desarrollos turísticos y Elev: elevación. Sit1: San Ignacio, sit2: La Purísima, sit3: Comondú, sit4: San Bartolo, sit5: Santiago, sit 6: El Chorro, sit7: San José del Cabo y sit8: Punta San Pedro.....	53
Figura 19. Espectrograma del canto de GB1 y GB1a. El individuo GB1 del oasis de San Ignacio mostró cinco notas y su canto se compone de tres frases; en cambio, el individuo GB1a mostró pequeñas variaciones en el número de notas en la última frase que es de menor duración. Además, la nota ‘a’ no es del todo visible al inicio del canto (círculo). Se puede observar notas adicionales que son vocalizaciones de otra especie de ave en el mismo sitio de la grabación (flechas).....	56
Figura 20. Espectrograma del canto de GB2. En el individuo de San Miguel de Comondú se observó una pequeña diferencia de una nota en comparación con el de San Ignacio, teniendo un total de cuatro notas por frase en el canto.....	57
Figura 21. Espectrograma del canto de GB3. En el individuo de San Bartolo se identificaron cinco notas dentro de una frase. A pesar de contener tres frases éstas no están compuestas del mismo número de notas. La diferencia se nota en la última frase que solo se compone de tres notas.....	57

Lista de tablas

Tabla I. Localidades seleccionadas al norte y sur de Baja California Sur en los trabajos realizados en 1999 y en el presente estudio (2020).....	29
Tabla II. Definición de los parámetros considerados para el análisis cuantitativo del canto de <i>Geothlypis beldingi</i>	32
Tabla III. Registros de <i>Geothlypis beldingi</i> en Baja California Sur. Se obtuvo el número total de reportes para cada región (norte y sur).....	34
Tabla IV. Número de registros por temporadas. De las cinco temporadas la primavera fue donde se registraron más individuos de <i>Geothlypis beldingi</i> mientras que en el verano fue el menor número de registros.....	36
Tabla V. Número de registros de <i>Geothlypis beldingi</i> por localidad para la zona norte. La localidad de San Ignacio fue la que tuvo más reportes de la presencia de la especie.....	38
Tabla VI. Número de registros de <i>Geothlypis beldingi</i> por localidad para la zona sur. El sitio con mayor número de registros fue San José del Cabo para las cuatro temporadas.....	38
Tabla VII. Registros de <i>Geothlypis beldingi</i> por estación del año en la región norte y sur de Baja California Sur.....	47
Tabla VIII. Registros de <i>Geothlypis beldingi</i> por tipo de hábitat para en la región norte y sur de Baja California Sur, por estación del año. En negritas se muestran los ambientes con mayor número de registros.....	48
Tabla IX. Número de transectos por localidad para el monitoreo de abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i> , en los monitoreos de 1999 y 2020 respectivamente.....	49
Tabla X. Comparación alocrónica de abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i> por localidad en diferentes oasis de Baja California Sur (1999 versus 2020).....	50
Tabla XI. Comparación de los oasis muestreados durante la temporada de invierno en 1999 y 2020. Para esta comparación se consideraron nueve oasis muestreados para el 2020, tomando en cuenta a La Purísima y San Isidro como una sola localidad.....	51
Tabla XII. Amenazas por actividades humanas en los oasis de Baja California Sur. Los valores asignados para el grado de amenaza de acuerdo con la actividad se hicieron en base a los trabajos previos realizados en estos lugares (Rodríguez-Estrella <i>et al.</i> 1999; Navarro Pérez <i>et al.</i> 2020) y una actualización en función de información no publicada.....	53
Tabla XIII. Grabaciones por localidad. Número de individuos de <i>Geothlypis beldingi</i> grabados por oasis visitado.....	54

1. INTRODUCCIÓN

Una de las características que identifican a México desde el punto de vista de biológico, es su alta diversidad biológica en los diferentes grupos taxonómicos. Por ejemplo, el grupo de las aves es excepcionalmente diverso, se tienen registradas aproximadamente 10,507 especies en todo el mundo. Nuestro país alberga el 11% de la diversidad aviar mundial que nos posiciona en el lugar número 11 (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014). Pero de forma muy relevante, ocupamos el cuarto lugar por el número de especies de aves endémicas que están presentes en nuestro territorio (Gill *et al.* 2020; Navarro-Sigüenza *et al.* 2014). La localización geográfica de México es determinante para que pueda darse esta gran diversidad de aves puesto que se ubica entre dos regiones biogeográficas importantes, la Neártica y la Neotropical; además, la orografía es un factor importante que ha dado como resultado condiciones climáticas, ecológicas y geográficas diversas, en donde se han generado procesos importantes de especiación y radiación, originando de esta manera un elevado número de especies endémicas en nuestro país (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014).

En la península de Baja California podemos encontrar un importante número de especies o subespecies endémicas relativas al área debido a los procesos evolutivos resultantes del aislamiento geográfico que ha sufrido la península a consecuencia de los eventos geológicos y climáticos desde su separación del continente (Grismer 1994; Riemann & Ezcurra 2005, 2007; Munguia-Vega 2011). Después de la última glaciación del Pleistoceno, ocurrieron una serie de transformaciones climáticas en la región, cambiando de una condición húmeda (mésica) a una desértica (xérica), originando pequeños sitios aislados de tipo méxico en medio del desierto conocidos como oasis (Ruiz-Campos *et al.* 2014). Estos ambientes relictos proporcionan refugio y alimento para muchas especies de vertebrados e invertebrados (Grismer & McGuire 1993; Arriaga & Rodríguez-Estrella 1997) y son sitios de alto (Grismer & McGuire 1993; Rodríguez-Estrella *et al.* 2005).

Por tanto, se puede definir a los oasis como humedales con espejos de agua permanente o intermitente que favorece el establecimiento de flora y fauna, mismas que en las áreas aledañas no podrían subsistir sin este recurso. Debido a los acontecimientos que han

moldeado a la península de Baja California, la distribución que tienen los oasis a lo largo de esta es discontinua, es decir, se encuentran insertos en medio del desierto con una separación entre cada sitio que puede variar de unos cuantos, a cientos de kilómetros, originando que algunos estén más aislados que otros. El grado de aislamiento que tienen los oasis en el norte varía ya que algunos por la cercanía de un sitio a otro permiten cierta conectividad entre ellos, aunque no se puede aplicar para todos los oasis en esta región. Esto mismo ocurre para la región del sur. No obstante, la separación existente entre sitios del norte y sur es bastante considerable, por lo que la conectividad es comparativamente más baja.

La Mascarita Peninsular (*Geothlypis beldingi*, Ridgway, 1883) es un ave endémica de Baja California Sur que ha evolucionado en estos ambientes mésicos, en concurrencia con otras especies que han llevado sus procesos de diferenciación biológica en estos tipos de hábitats. La particularidad de los oasis está estrechamente relacionada con el tamaño de la población de las aves, el área donde se localizan y el grado de aislamiento que tienen en el tiempo (Laiolo y Tella 2007; Bolus 2014). Es así que algunas de las poblaciones de *G. beldingi* pueden estar más aisladas que otras. En consecuencia, esto vuelve más vulnerables a las poblaciones de la Mascarita por el grado de aislamiento que tienen. Además, se sabe que la especie tiene una baja capacidad de dispersión ya que se ha observado que los individuos no se alejan a más de 50 metros de la vegetación de borde del cuerpo de agua (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999).

Dado que algunas especies han tenido un proceso de especiación en estos ambientes, estas han alcanzado ciertos requerimientos específicos, el grado de especialización de una especie va a depender de qué tan selectiva sea del hábitat (Morrison *et al.* 2006; Garshelis 2000). Esta especificidad conlleva ciertas ventajas evolutivas, pero también puede producirle problemas ya que los individuos que tienen una fuerte especialización al hábitat corren el riesgo de que sus poblaciones locales declinen, o sean extirpadas, si el entorno cambia drásticamente (Morrison *et al.* 2006). Este parecería ser el caso de *Geothlypis beldingi*.

Los cambios en el hábitat pueden darse tanto por eventos estocásticos naturales como por los inducidos por las actividades humanas, tales como la pérdida y fragmentación del hábitat. Entre las consecuencias que pueden generar los disturbios mencionados se encuentran que se incrementa el aislamiento y genere una disminución de las densidades poblacionales, limitando el movimiento de los individuos entre poblaciones, con lo cual además se alteran sus sistemas de comunicación (Laiolo & Tella 2007). Adicionalmente, como se mencionó anteriormente, la distribución de los oasis influye en el aislamiento de las poblaciones por la remotidad de los sitios. Además, la reducción en el número de individuos dentro de una población se ve reflejada en la pérdida de diversidad genética debido al grado de consanguinidad y la existencia de fenómenos estocásticos sobre los mecanismos evolutivos (Podos & Warren 2007).

La comunicación entre poblaciones va a depender del tipo de hábitat en que se desarrollan las aves ya que influye en la diferenciación de los sonidos que emiten debido a que la atenuación del sonido va a depender de qué tan abundante es la vegetación presente en el sitio. Los intervalos de frecuencia en el canto, por ejemplo, en un ambiente con vegetación muy densa serán bajos, mientras que en un ambiente más abierto y con menor densidad vegetal la frecuencia será mayor. Esto se debe a que las condiciones del hábitat no son las mismas para cada frecuencia emitida: a una frecuencia más alta el sonido se atenúa más rápidamente en comparación a las de baja frecuencia. Esto se debe a la capacidad que tienen las ondas al viajar alrededor de un objeto en un sitio en lugar de reflejarse en ellos, relacionándose con la longitud de onda del sonido (Morton 1975). La distancia a la que un ave puede transmitir un sonido va a depender de la tasa de atenuación, de la amplitud del sonido en la fuente, del nivel de cobertura del ruido ambiente y de la sensibilidad auditiva del receptor (Morton 1975). Pero también la percepción del sonido se relaciona a la distancia entre los dos puntos, el del punto de emisión y el de recepción. Esto quiere decir, que las aves ubicadas en sitios más lejanos o aislados percibirán menos o no percibirán los sonidos emitidos por aves ubicadas en otras localidades. De tal manera, que la abundancia de las aves que emiten sonidos y la distancia entre ellos serán un factor determinante en cómo dicho sonido llega y se transmite a otras aves de la misma especie. Si las aves de una

especie son abundantes y se encuentran homogéneamente distribuidas podrán percibir más fácilmente y de manera más frecuente los sonidos de otras aves de la misma especie que si son raras en abundancia y además con una distribución separada, heterogénea o en parches aislados.

Puesto que las alteraciones al hábitat pueden afectar la comunicación de las aves es importante conocer el estudio de los sonidos en la naturaleza a diferentes escalas espaciales y temporales en diferentes ambientes. Esto se ha simplificado gracias a las nuevas herramientas tecnológicas que se han desarrollado en el área de bioacústica. Los diferentes métodos enfocados en el análisis de los repertorios de vocalizaciones de aves han permitido entender con más claridad la composición de especies dentro de un ecosistema, así como también han permitido evaluar la manera en que eventos de estocasticidad ambiental y las actividades antropogénicas influyen en las comunicaciones entre poblaciones de una misma especie (Baptista & Gaunt 1994; Rajan *et al.* 2019).

La interacción cultural o de comunicación entre las aves se da mediante un “dialecto local” que es característico de cada especie y dependerá del hábitat en el que se encuentren. Desde un punto de vista evolutivo, este “lenguaje” les permitirá diferenciarse de una especie a otra e inclusive entre poblaciones de una misma especie. Los dialectos surgen como resultado del aprendizaje durante su crecimiento, y las variaciones que pudieran existir pueden deberse a la interacción social ya que los dialectos no son más que enseñanzas que se transmiten de generación en generación. Estos factores innatos y sociales del aprendizaje son fundamentales en la variedad de canciones dentro del repertorio y las variaciones dependerán de la especie y el hábitat en donde se desarrollan. No obstante, estas alteraciones podrían actuar como barreras de aislamiento reproductivo ya que, si el canto del macho sufre modificaciones en relación con los demás machos, las probabilidades de que sea elegido por una hembra serán escasas. Por tanto, los dialectos juegan un papel importante en las interacciones sociales de las poblaciones al regular las interacciones competitivas entre machos que se disputan un territorio (Marler & Tamura 1962; Catchpole & Slater 2008).

Aunque las distintas especies responden de diferente manera a los cambios que se presentan en el ambiente, los efectos generalmente son negativos para las poblaciones cuya evolución y productividad están condicionadas por el tipo de hábitat y la conectividad que hay entre sus poblaciones (Laiolo & Arroyo-Solís 2011). La conectividad no solo dependerá de la distancia entre sitios sino también de la capacidad de dispersión de la especie (Laiolo & Tella 2007; Herrera 2011; Laiolo & Arroyo-Solís 2011). Si disminuye la conectividad ello puede provocar que las poblaciones queden aisladas influyendo en los sistemas de comunicación de los individuos.

Las variaciones en vocalizaciones pueden ser por producto de acciones antropogénicas tales como la reducción y la fragmentación del hábitat, que provocan la pérdida de conectividad, lo que puede acarrear problemas que conlleven a reducir el tamaño de las poblaciones aislándolas, interfiriendo con ello los sistemas de comunicación de las aves al limitar los movimientos de los individuos entre las poblaciones (Laiolo & Tella 2005). Se ha observado que la relación de aislamiento de algunas poblaciones de aves y el tamaño de la población han tenido efecto sobre sus vocalizaciones, repercutiendo en el tamaño de su repertorio que se hace más pequeño; es decir, el canto es más pobre afectando a las especies que son muy selectivas con su hábitat (Lang & Barlow 1997; Laiolo & Tella 2007).

Por otro lado, las variaciones en el repertorio de cantos pueden darse por variaciones geográficas, debido a la separación de posibles barreras geográficas afectando a las poblaciones de una misma especie. Estas variaciones en el repertorio pueden ocurrir en un área micro-geográfica donde los individuos pueden interactuar y reproducirse entre sí, así como existir variaciones macro-geográficas que ocurren entre poblaciones que se encuentran separadas por kilómetros en donde la interacción o conexión es poco probable que suceda (Catchpole & Slater 2008).

Como se comentó, *Geothlypis beldingi* una especie que habita solo en algunos oasis por lo que presenta una distribución discontinua. Asimismo, sus tamaños poblacionales no son grandes en los oasis donde se presenta (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999, Carmona *et al.*

2020). También las poblaciones de los oasis del norte y del sur se encuentran desconectadas por grandes distancias, por lo que no se puede pensar en que exista una conectividad entre individuos de las poblaciones que les permitan interactuar, máxime pensando en que la dispersión de los individuos de la especie es baja. Por lo anterior, se espera que las aves que habitan en los oasis presenten este tipo de variaciones en sus repertorios debido al aislamiento del lugar donde se encuentran. Por otro lado, los oasis mismos se encuentran amenazados, estando los del sur con más presiones por actividades humanas que los del norte (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999, Pérez-Navarro *et al.* 2019). A pesar de la vulnerabilidad de la mascarita peninsular se tiene muy poco conocimiento sobre su ecología y muy particularmente sobre sus repertorios de vocalizaciones. No existe ningún trabajo donde se hayan analizado las variaciones en el repertorio de vocalizaciones de *G. beldingi*.

Debido a la escasa información acerca de la especie endémica peninsular *Geothlypis beldingi*, el objetivo principal de este trabajo fue realizar una revisión exhaustiva sobre su distribución y abundancia histórica y actual, su estado de conservación vigente, así como determinar si existe variación en el repertorio de vocalización entre las poblaciones de esta especie en los oasis sudcalifornianos. Para ello se analizaron datos de registros históricos y recientes disponibles en la plataforma de GBIF sobre la distribución y abundancia de *G. beldingi*. Además, se determinó la abundancia de esta especie en 9 oasis durante la temporada de invierno, y la información resultante se comparó con datos de un estudio previo de hace 20 años. Por otro lado, se realizó un análisis de las amenazas que presentan estos humedales afectando la abundancia de la especie. Por último, se realizó un análisis cualitativo de los cantos de cuatro individuos en 3 oasis (3 grabaciones se obtuvieron en campo y 1 de la base de datos de xeno-canto). El aporte de este trabajo sienta las bases para un estudio más profundo y de mayor tiempo y datos sobre la abundancia actual de la mascarita peninsular, así como de su repertorio de cantos entre poblaciones separadas y aisladas, así como permitirá proponer nuevas estrategias de conservación para la protección de la mascarita peninsular y la conservación del hábitat en los oasis en que se encuentra la especie.

2. ANTECEDENTES

La Mascarita Peninsular (*Geothlypis beldingi*) pertenece al orden Passeriformes y a la familia Parulidae; es una especie endémica de Baja California Sur y fue descrita por Robert Ridgway en 1882 y nombrada en honor a Lyman Belding. Actualmente se reconocen dos subespecies: *G. b. goldmani* y *G. b. beldingi*, esta clasificación de subespecies se basa en diferencias significativas en tamaño y coloración del plumaje. La subespecie norteña *goldmani* la podemos encontrar desde San Ignacio hasta Comondú, mientras que la subespecie austral *beldingi* desde La Paz hasta San José del Cabo (Grinnell 1928).

2.1 Descripción de la especie

Dentro del género *Geothlypis*, la especie *G. beldingi* es la más grande del grupo de las mascaritas, aproximadamente tiene un largo total de 14 cm. Una de las características principales de esta ave es un antifaz o máscara negra en el rostro con una franja amarilla que bordea la máscara, particularidad solo está presente en los machos (Fig. 1a). En la parte dorsal la coloración es verde oliváceo, mientras que en la parte ventral es amarillo intenso. Existe una diferencia significativa entre las subespecies *G. b. goldmani* (norte) y *G. b. beldingi* (sur) en cuanto al tamaño del cuerpo y la coloración del plumaje. Las poblaciones norteñas son mayores en tamaño corporal en comparación con aquélla del sur. Además, la coloración es más opaca en los individuos del norte y más brillante en aquellos del sur (Oberholser 1917).

Respecto a la coloración del plumaje de las hembras, éstas no presentan una máscara como los machos, en lugar de ello la coloración de la cabeza es verde oliváceo con un anillo ocular muy pálido y una ceja color beige (Fig. 1b). En el pecho, el color amarillo intenso se va desvaneciendo a un tono blanquecino en la parte ventral. La coloración de las patas es rosada y el pico color negro. En el caso de los machos juveniles, son muy parecidos a las hembras; los machos juveniles presentan en el rostro algo parecido a un bigote negro llegando a motearse todo el rostro de negro hasta formar la máscara que los caracteriza (Fig. 1c). Cuando llegan a este punto, pueden parecerse a los adultos presentando un borde blanquecino en la cabeza (Wilbur 1987, Howell & Webb 1995), lo que puede ocasionar una confusión con su pariente más cercano, *Geothlypis trichas* (Fig. 1d), pero no entre machos.

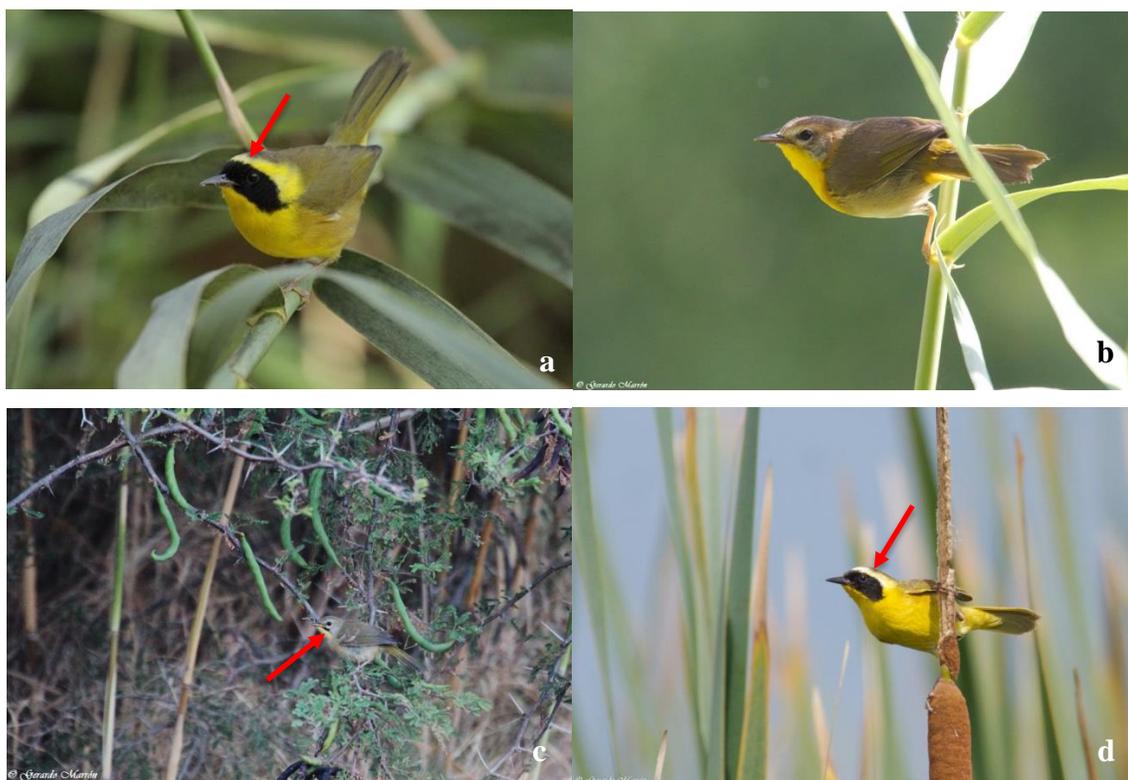


Figura 1. Descripción de la especie. En la imagen a) se observa un macho de *Geothlypis beldingi* que presenta la máscara negra con el bordeado amarillo en la cabeza (flecha roja); en b) hembra, en que la coloración del plumaje es más simple en comparación con el macho; c) macho inmaduro de *G. beldingi*, muy parecidos a las hembras, presentando desde un pequeño bigote hasta un moteado en todo el rostro y; d) un adulto macho de *Geothlypis trichas*, pariente cercano de nuestra especie de estudio. Fotografías: (a) Ernesto Pérez y (b, c, d) Gerardo Marrón.

2.2 Distribución

Las poblaciones de la Mascarita Peninsular se localizan al sur del paralelo 28° N; esta pequeña ave tiene cierto grado de especialización al tipo de hábitat en el que se desarrolla, está restringida a algunos oasis a lo largo de Baja California Sur, donde depende de la vegetación litoral emergente de cuerpos de agua dulce, tales como el carrizo (*Phragmites communis*) y el tule o espadaña (*Typha domingensis*) (Brewster 1902; Grinnell, 1928; Wilbur, 1987; Rodríguez-Estrella *et al.* 1999). Estas restricciones la convierten en una especie sumamente vulnerable, por lo que actualmente se encuentra en peligro de extinción en la NOM-059-Semarnat-2010 y se clasifica como especie vulnerable en la IUCN Red

List of Threatened Species (IUCN, 2020). No obstante, a pesar de su inclusión en el listado de especies en riesgo, la IUCN reporta que su distribución abarca una mayor superficie dentro de la región sin considerar el hábitat adecuado de la especie, que es el mésico, el cual tiene una cobertura sumamente limitada dentro del desierto (menos del 1% de la superficie). Por lo anterior, la evaluación del tipo de hábitat en la IUCN presenta un sesgo importante que la categoriza erróneamente en una categoría de menor riesgo (Rodríguez-Estrella datos no publ. entregados a la IUCN).

Recientemente se realizó un estudio sobre las especies de *Geothlypis* en México, realizando un modelo de la distribución de *Geothlypis beldingi* en Baja California Sur con datos históricos y de campo de 5 localidades (Favela-Mesta 2018). Este autor encontró que la distribución actual se concentra principalmente en la región del Cabo y de la Paz, siendo el Estero de San José el humedal de mayor importancia para la especie. Sin embargo, se deben validar o corroborar los resultados con un mayor esfuerzo de muestreo en los sitios visitados, en diferentes estaciones del año, incluyendo su época reproductiva.

Por otro lado, la capacidad de dispersión de *G. beldingi* es limitada debido al tipo de hábitat en el que se encuentran y la discontinuidad en la distribución de los oasis, impidiendo que los individuos se desplacen a grandes distancias. Se ha reportado a partir de muestreo con redes de niebla, marca-recaptura y observaciones, que los individuos de la mascarita peninsular no se alejan más allá de 50 metros del borde de la vegetación del cuerpo de agua (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999). Sin embargo, se ha analizado mediante un análisis de distancias y ángulos de distribución que la especie puede tener cierta capacidad de desplazamiento (Favela-Mesta, 2018). Este método permite visualizar un escenario hipotético de los posibles movimientos, así como, la posible disposición espacial y continuidad del tipo de hábitat en el que se encuentra el ave. Para esta evaluación, se utilizaron los registros de la Mascarita que fueron clasificados en cuatro diferentes grupos y que posteriormente se realizó una comparación por periodos, entre localidades, por regiones y por localidad independiente. El resultado de este análisis sugiere que entre localidades, los individuos pueden tener cierta capacidad de movimientos entre sitios, pero

esto no se ajustó para todas las áreas en las que se encuentra la especie debido a lejanía que tiene un lugar a otro. En cambio, el enfoque dado por regiones se ajustó más a los patrones de distribución de la especie por considerar el arreglo espacial de los registros y las áreas de continuidad de hábitat. A diferencia del anterior, en el que solo se consideró los registros por localidades dentro del área total de distribución.

Existen algunos reportes de la especie que los ubican a más de 400 km fuera de su ámbito de distribución lo que sugiere que pueden desplazarse a grandes distancias (Erickson *et al.* 2008). Sin embargo, esto es poco creíble por las características de la especie; es decir, se sabe que es muy selectiva con el tipo de hábitat en el que se desarrolla por lo que si no existen las condiciones esta no se establecerá en un nuevo sitio. A pesar de esto, Erickson *et al.* (2008) proponen la hipótesis de que el tipo de hábitat de *G. beldingi* ha sido muy dinámico y cambiante a lo largo de los años. Por lo que pueden originarse pequeños parches temporales de hábitat adecuado para que las aves puedan desplazarse a nuevos sitios y pueden establecer nuevas poblaciones. No obstante, el establecimiento de una nueva población es poco probable si las condiciones mínimas requeridas por la especie no prosperan. Por tanto, estos registros pudieran tratarse de individuos vagabundos que pudieran moverse entre sitios muy cercanos donde exista cierto grado de conectividad entre sitios.

2.3 Abundancia

A pesar de ser una especie en peligro de extinción se tiene poco conocimiento sobre sus poblaciones. Existen pocos estudios recientes sobre la abundancia poblacional de la especie en los oasis de Baja California Sur, por lo que se desconoce la situación actual. La IUCN (2019) reporta que la mayor abundancia de la población actual se concentra en cuatro localidades: Punta San Pedro, Todos Santos, Santiago y San José del Cabo, siendo este último el sitio con la mayor concentración de individuos adultos con alrededor de 487-700. Al norte de la región, San Ignacio es el sitio con la población más abundante con alrededor de 537-648 individuos, seguido de La Purísima. Carmona *et al.* (2020) refieren que estas mediciones tienen un problema ya que las estimaciones son extrapoladas considerando toda

la superficie del lugar y no solo la del hábitat adecuado de la *Geothlypis beldingi*. Aunque no se tiene una estimación precisa de la población total, se cree que esta en el intervalo de 1,000-2,499 individuos maduros; esto es equivalente a unos 1,500-4,000 individuos en total para la especie, aproximadamente.

Por otra parte, Rodríguez-Estrella *et al.* (1997, 1999) muestrearon diez oasis en Baja California Sur, de los cuales solo cinco registraron la presencia de la Mascarita Peninsular, además reportaron que la mayor abundancia de *Geothlypis beldingi* ocurrió en los oasis de la parte sur. El sitio con mayor abundancia fue San José del Cabo con 3.5 aves/h, seguido de Punta San Pedro (2.0 aves/h), La Purísima (2.0 aves/h) y San Ignacio (1.99 aves/h) para la temporada de invierno. Por otra parte, se reportó la presencia de una pequeña población reproductora en San Pedro de la Presa, un lugar en donde no se le había reportado. Sin embargo, esto no significa que en el pasado no estuviera presente, al parecer solo no se había hecho suficiente trabajo de campo. No obstante, las presiones a las que están sometidos los oasis por las poblaciones humanas aledañas representan un riesgo mayor para las poblaciones en donde las abundancias parecen ser mayores.

Por otro lado, estimaciones poco precisas sobre las poblaciones de las dos subespecies de *G. beldingi*, se tienen datos menores a 1,000 adultos para *G. b. goldmani* (Palacios & Galindo 2011). En lo que concierne a *G. b. beldingi*, se calcula que la población más abundante se concentra en el Estero de San José del Cabo, especulando que puede ser más del 50% de la población total pues no se indica en función a qué análisis hicieron tales estimaciones (Palacios & Galindo 2011). De cualquier manera, una concentración como la indicada en un sitio hace sumamente vulnerable la especie a distintos eventos estocásticos demográficos y ambientales.

Recientemente se estimó la densidad poblacional de *Geothlypis beldingi* en el oasis de San Ignacio, al norte de Baja California Sur. Estos resultados mostraron que la densidad de *G. beldingi* en San Ignacio es de 20 aves/ha, siendo mayores a las evaluadas por Palacios y Galindo (2010) en los oasis al sur como San José del Cabo y Santiago (Carmona *et al.*

2020). De acuerdo con los autores, este resultado puede estar subestimado con relación al estudio de 2010. Una de las posibles razones es que en este estudio se consideraron todos los individuos observados (adultos y juveniles). Además, el método empleado en ambos trabajos fue distinto, ya que no se tomaron en cuenta distancias de observaciones en el 2010, lo cual puede influir en los resultados.

Por último, la perturbación ocasionada por las actividades humanas en las cercanías al hábitat de la Mascarita Peninsular en el Estero de San José y Santiago puede ser un factor determinante para que esta zona no sea un mejor ambiente en comparación con San Ignacio, lugar donde los asentamientos humanos están más alejados de la zona de carrizal y tular, y una menor presión antrópica por cambios en el uso de la tierra.

2.4 Vocalizaciones

Algunas investigaciones en el grupo de las aves, principalmente del grupo de los passeriformes, están enfocadas en evaluar las variaciones de las señales acústicas en el tiempo y el espacio en diferentes ambientes. Esto permite tener un enfoque más amplio de su comportamiento durante la temporada reproductiva y también el tener definidos los cantos de cada especie permite conocer la diversidad de especies en un ecosistema. Sin embargo, por razones naturales o antropogénicas pudieran existir modificaciones en los cantos dentro de las especies, lo que puede acarrear una serie de cambios en la conducta, en el apareamiento selectivo, llevar a un aislamiento reproductivo y a la especiación, siendo el canto de gran importancia para la etapa reproductiva de muchas especies de aves (Podos & Warren 2007; Pitocchelli *et al.* 2018).

De acuerdo con algunos autores, un repertorio se define como la variedad de vocalizaciones que un individuo utiliza de distinta manera para diferentes funciones. En otras palabras, representa la diversidad o tipo de canciones que muestran un patrón de notas y cuya estructura acústica los caracteriza. Searcy (1992) define el repertorio como la colección de interpretaciones distintas de canciones que emiten los machos. Por otro lado, Gammon y Baker (2004) refieren a que hay dos tipos de repertorio; el primero se da cuando el macho

tiene un número variable de componentes de la canción (notas) que se ajusta a muchas composiciones diferentes, a lo que se le puede llamar *repertorio de notas*. El segundo tipo, se da cuando el macho solo canta ciertas combinaciones de notas repetidas, denominando a esta combinación como *tipo de canción*.

Los repertorios de vocalizaciones en aves se caracterizan por tener dos variantes: “canciones y llamados”. El primer concepto ha sido un tema muy debatido por algunos autores, y se define como una serie de notas complejas que son repetidas sin interrupción en un intervalo de tiempo largo; la “canción” es emitida principalmente por los machos durante la temporada reproductiva y en la defensa de su territorio (Barrington 1773; Catchpole & Slater 2008). Por otro lado, los “llamados” son de menor duración y su estructura es más simple en comparación a los cantos; los llamados suelen ser producidos por hembras y machos a lo largo de todo el año y están relacionadas con el vuelo y señales de alarma contra depredadores (Thorpe 1954; Slater 1995; Catchpole & Slater 2008).

Las variaciones dentro de los repertorios de vocalizaciones pueden ser producto de distintos procesos, entre los cuales está el resultado de eventos estocásticos ambientales o de variaciones geográficas (Podos & Warren 2007). Para poder explicar estos cambios más detalladamente, se han utilizado sonogramas de sonido con la finalidad de evaluar los patrones de variaciones en las vocalizaciones entre poblaciones de una misma especie. Un sonograma o espectrograma (Fig. 2), es la representación gráfica de la vocalización o la amplitud de una señal acústica en diferentes frecuencias por un periodo de tiempo (Zakeri 2017); el sonograma está conformado por notas, elementos y frases. Las notas se definen como las unidades dentro de una frase que se encuentran separadas por un silencio en un intervalo de tiempo. Mientras que los elementos son las notas que se representan como elementos de frecuencia individual y pueden tener de 1 a 5 elementos por nota. Una frase está compuesta por 2 a 5 notas en orden consistente dentro de la canción. Por lo tanto, la canción está compuesta por más de 1 frase en un periodo de tiempo largo (Borrer 1967; Catchpole & Slater 2008, Bolus 2014).

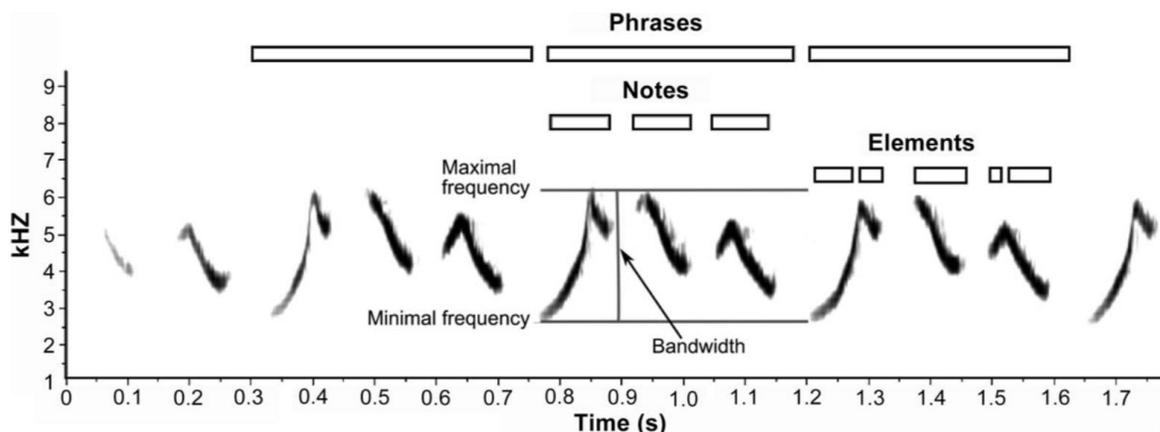


Figura 2. Espectrograma. Representación gráfica del canto de la mascarita común (*Geothlypis trichas*) donde se observan los parámetros para realizar análisis. Tomado de Bolus (2014).

Como un ejemplo, Marler y Tamura (1962, 1964) estudiaron algunas poblaciones del gorrión corona blanca (*Zonotrichia leucophrys nuttalli*) y descubrieron que los patrones de su dialecto tenían cierta variación con respecto a las poblaciones colindantes, es decir, la estructura del canto era muy particular, tenía un menor número de notas respecto al de otras poblaciones. Mediante un experimento que realizaron, encontraron que el factor que influía en las variaciones era el aprendizaje de la canción. Para llegar a esta conclusión, seleccionaron un grupo de machos jóvenes que fueron expuestos a un entrenamiento en la etapa donde la sensibilidad a la adquisición de la canción es alta y observaron que copiaban con exactitud la canción. No obstante, en los individuos que no recibieron este entrenamiento, la estructura observada en su canto era atípica y degradada, encontrando al comparar diferencias en la canción de ambos grupos. Además, otro factor que puede contribuir en la evolución del dialecto de los cantos es la dispersión limitada o sesgada de la especie; los dialectos pueden surgir cuando los machos permanecen en los sitios donde aprendieron a vocalizar, o bien, pueden dispersarse a otros lugares donde escuchan canciones similares a la suya (Marler y Tamura 1962; Podos & Warren 2007).

Por otro lado, se analizó la evolución del canto de la mascarita común (*Geothlypis trichas*) en diferentes poblaciones, las cuales están genéticamente diferenciadas, y se encontró que las variaciones en las vocalizaciones de esta especie están relacionadas con las variaciones

geográficas de las poblaciones (Bolus 2014). Para este estudio se separaron en 3 grupos diferentes: oriental, occidental y sudoeste. De acuerdo con Escalante *et al.* (2009) el grupo oriental está más relacionado genéticamente con especies residentes como *G. nelsoni* y *G. flavovelata*, mientras que el grupo occidental lo está con *G. beldingi*; el grupo del sudoeste parece estar más relacionado con *G. trichas* del Este que con el del Oeste. Para ello se examinaron los patrones espaciales de variación de notas y características del canto de *G. trichas*, encontrando que las poblaciones orientales y occidentales tienen una diferencia en las características de los cantos que se relacionan con la distancia, sugiriendo una evolución distinta entre grupos. La variación del tipo de nota en los grupos orientales y occidentales migratorios fue menor en comparación a las aves que permanecen en el mismo sitio todo el año, lo que sugiere que las poblaciones locales que no se mueven se encuentran más aisladas con relación a las migratorias por tener una mayor dispersión en el tiempo. Esta información muestra que grupos genéticamente diferenciados de la mascarita común *G. trichas* han evolucionado a tal grado de presentar una diversidad de cantos dentro de la especie (Bolus 2014).

Por otro lado, se ha analizado el canto del Chipe Lores Negros (*Geothlypis tolmiei*) y encontraron patrones de variación clinal, es decir, conforme aumenta la distancia que separa a las poblaciones aumenta esta variación en el canto. Estas variaciones pudieran darse cuando los machos jóvenes aprenden la canción en su área de origen regresando cerca de la misma zona para reproducirse, o bien, copian las canciones de los demás durante la temporada reproductiva. Por lo que se cree que el aprendizaje de la canción es fundamental en el patrón observado de la variación en la canción de esta especie de ave (Pitocchelli *et al.* 2018).

Otra de las razones por las que pueden darse variaciones en los repertorios de vocalizaciones es por impactos y efectos antropogénicos, como la pérdida y fragmentación de hábitat, la cual va en aumento por el crecimiento de la población humana, ejerciendo una gran presión sobre los ecosistemas. Las modificaciones ocasionadas por las diferentes actividades humanas han provocado que las poblaciones de aves sufran cambios en sus

sistemas de comunicación limitando los movimientos de individuos entre las poblaciones (Laiolo & Tella 2005). El impacto de estas actividades ha sido estudiado en el valle de Ebro en España, con la alondra de Dupont (*Chersophilus duponti*), una especie muy selectiva con su hábitat. Los cambios observados en el hábitat de esta especie por las actividades agrícolas en esta región han provocado la reducción de su ambiente a pequeños fragmentos del hábitat original dejando algunos muy aislados (Tella *et al.* 2005). Estas modificaciones han reducido la población de la alondra hasta un 40%, amenazando a la especie afectando la dinámica y las comunicaciones de sus poblaciones (Laiolo & Tella 2007). Este estudio demostró que las alondras comparten una mayor variedad de vocalizaciones en los sitios no fragmentados en comparación a los sitios fragmentados. Esta decadencia en el canto puede estar relacionada con la reducción del hábitat mientras que el aislamiento de los parches ha llevado a la pérdida de llamados en el canto (Laiolo & Tella 2007).

3. JUSTIFICACIÓN

Existe poco conocimiento sobre la ecología de la Mascarita Peninsular en su ámbito de distribución, y en particular de su ecología reproductiva y del repertorio de su canto. Considerando que las poblaciones de *G. beldingi* del norte y del sur presentan diferencias genéticas que justifican su separación a nivel de subespecies distintas (R. Rodríguez-Estrella *et al.* datos no publ.), se esperaría que el aislamiento ocasionado por las barreras (e.g. desierto) entre oasis genere diferencias en las poblaciones locales en sus repertorios de vocalización.

4. HIPÓTESIS

Debido a que las poblaciones norteñas y sureñas de la Mascarita Peninsular (*Geothlypis beldingi*) se encuentran separadas por una distribución discontinua en los oasis, se espera que:

Exista una diferencia en los repertorios de vocalizaciones entre las poblaciones más distantes; dicha diferencia estará en función al tamaño poblacional y el grado de aislamiento que tengan las poblaciones: a menor tamaño poblacional y mayor grado de aislamiento el repertorio de vocalizaciones disminuirá en comparación al de una población de mayor tamaño y menor aislamiento.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la distribución y abundancia actual de la mascarita peninsular *Geothlypis beldingi*, así como determinar la variación en los repertorios de vocalización interpoblacional a lo largo de su distribución en oasis de Baja California Sur.

5.2 Objetivos particulares

1. Determinar la distribución y abundancia actual de la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*) en nueve oasis de Baja California Sur, y su comparación con información de hace 20 años para conocer su tendencia poblacional.
2. Evaluar el grado de amenazas que tienen las poblaciones de *Geothlypis beldingi* en nueve oasis de Baja California Sur.
3. Analizar y comparar el repertorio de vocalizaciones de la mascarita peninsular entre las poblaciones que se encuentran más distantes y asociarlo al tamaño de la población y a la conectividad entre poblaciones.

6. MATERIAL Y METODOS

6.1 Área de estudio

A pesar de que la Península de Baja California tiene registrados 184 oasis, la mayor parte de estos sitios se concentra en Baja California Sur con un total de 171 (Maya *et al.* 1997). La relevancia de estos ambientes con características méxicas es de gran importancia por proporcionar un refugio para muchas especies muy particulares (Axelrod 1979; Grismer & McGuire 1993). Por ejemplo, para algunas especies de aves migratorias estos lugares son esenciales para poder descansar y continuar con sus travesías largas hacia el sur o viceversa (Rodríguez-Estrella *et al.* 2005). Además, la ubicación de la Península de Baja California se da entre dos regiones biogeográficas: Neártica y Neotropical, lo que les da gran relevancia a estos ambientes méxicos ya que han representado hábitats críticos para dar lugar a procesos evolutivos de algunas especies de flora y fauna (Arriaga *et al.* 1997).

Nuestra área de estudio comprende nueve oasis que se encuentran distribuidos a lo largo de Baja California Sur. Estos sitios fueron elegidos de acuerdo con los requerimientos del tipo de hábitat que es adecuado para *Geothlypis beldingi*. La elección se hizo con base en el tipo de vegetación al que está asociada esta especie, como es que contengan carrizo y tule. Las localidades seleccionadas fueron: San Ignacio, La Purísima, San José de Comondú y San Miguel de Comondú en la parte norte; y San Bartolo, Santiago, El Chorro, Todos Santos y San José del Cabo en la parte sur de la región (Fig. 3).

A pesar de que en estos lugares podemos encontrar especies de flora y fauna relictas, la mayoría de estos humedales no cuenta con algún tipo de protección. Dado la relevancia de los oasis, a continuación, se describe detalladamente cada una de las localidades elegidas para este trabajo.

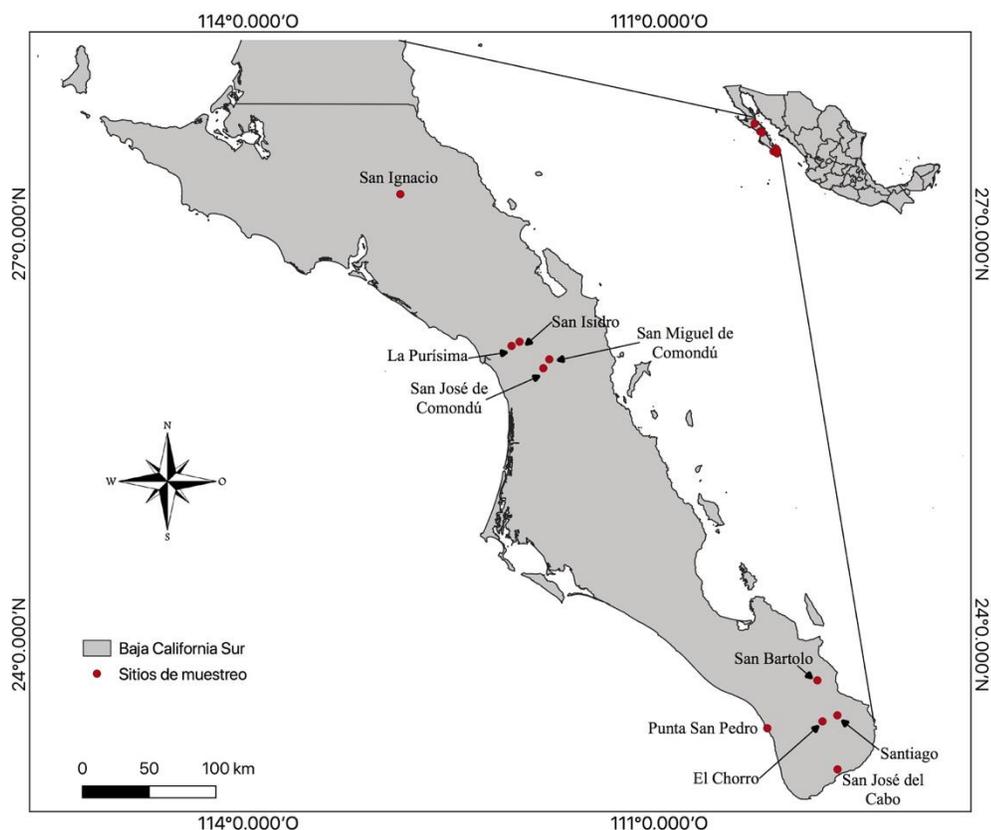


Figura 3. Área de estudio para *Geothlypis beldingi*. Oasis al norte de BCS: San Ignacio, La Purísima, San Isidro, San José de Comondú y San Miguel de Comondú. Oasis al sur de BCS: San Bartolo, San Ignacio, Santiago, El Chorro, San José del Cabo y San Pedro de la Presa.

6.1.1 San Ignacio

Con la llegada de los misioneros Jesuitas a la región, en 1728 se estableció la Misión de San Ignacio (Kadakaaman), la cual se encuentra a menos de 5 km del arroyo de poca profundidad rodeado por mesetas volcánicas. Este oasis se localiza al norte de Baja California Sur a 627 km de La Paz a una latitud de 128 m. Es considerado uno de los oasis con mayor superficie (2.62 km^2) el cual se abastece del arroyo San Ignacio, aquí se encuentra construida una pequeña represa lo que permite que el cuerpo de agua esté presente todo el año (Maya *et al.* 1997; Ruiz-Campos *et al.* 2014). Al momento del establecimiento de la pequeña población en esta misión se modificó el lugar al introducir diferentes especies de plantas exóticas transformándolo considerablemente; actualmente la palmera datilera (*Phoenix dactylifera*) predomina en la zona (Grismer & McGuire 1993).

Entre otras especies de plantas nativas que podemos encontrar está *Anemopsis californica*, *Cyperus laevigatus*, *Juncus acutus* ssp., *Leopoldii*, *Phragmites australis*, *Salix bonplandiana*, *Washingtonia robusta* y *Prosopis glandulosa* (Ruiz-Campos *et al.* 2014). San Ignacio ha sido considerado como un Área de Importancia para la Conservación de las Aves por mantener una pequeña población de *Geothlypis beldingi*; además, este humedal proporciona refugio para muchas especies de aves migratorias y residentes (AICA no. 92; Berlanga *et al.* 2008).

6.1.2 La Purísima y San Isidro

Durante las exploraciones de los misioneros en busca de nuevos lugares, llegaron a un pequeño oasis en donde se estableció la Misión de San Isidro en 1720. Esta localidad se ubica a 4.2 km de La Purísima, un pequeño poblado con las mismas características méxicas. Ambos sitios se alimentan del arroyo La Purísima que se ubica en la región de Magdalena donde se encuentra rodeado de pequeñas colinas de limo muy erosionadas. El oasis de San Isidro está ubicado a 270 km al sur de San Ignacio, con una superficie de 0.14 km². Debido a que el flujo del agua en la zona es permanente permitió que las pequeñas poblaciones se establecieran con éxito. No obstante, con la llegada de los pobladores se introdujeron varias especies de plantas exóticas, principalmente árboles frutales. Entre la vegetación que predomina al borde de agua está, *Phoenix dactylifera* y *Juncus acutus*, pero también se pueden encontrar importantes parches de *Typha domingensis* y *Phragmites australis* (Maya *et al.* 1997; Grismer & McGuire 1993; Ruiz-Campos *et al.* 2014).

Por otro lado, La Purísima es considerado como uno de los oasis más grandes de la región con una superficie de 2.25 km². Este sitio presenta una temperatura anual de 22°C con una precipitación anual de 110 mm, y se ubica a una altitud de 87 msnm. La construcción de una pequeña represa ha permitido que a lo largo del arroyo se formen pequeñas pozas de agua que se estancan durante todo el año, permitiendo que el cuerpo de agua sea permanente en la zona. La vegetación que podemos encontrar es *Phragmites australis*, *Scirpus californicus*, *Typha domingensis* y *Washingtonia robusta* (Maya *et al.* 1997; Carmona *et al.* 2003; Ruiz-Campos *et al.* 2014). Debido a que estos oasis albergan

pequeñas poblaciones de *G. beldingi* y algunas especies migratorias, han sido considerados como Áreas de importancia para la Conservación de las Aves. Entre otras especies de aves, podemos encontrar al endémico *Hylocharis xantusii* (AICA no. 142; Berlanga *et al.* 2008). Carmona *et al.* (2003) registraron 60 especies de aves en el oasis de La Purísima, de las cuales seis están en alguna categoría de conservación por la Norma Oficial Mexicana 059-2010: *Tachybaptus dominicus*, *Accipiter striatus*, *Accipiter cooperi*, *Vireo bellii*, *Polioptila californica* y *Geothlypis beldingi*. Ruiz-Campos (2004) aportó el primer espécimen para la península de Baja California del cormorán neotropical, *Phalacrocorax brasilianus*, basado en un ejemplar capturado en el Ojo de Agua del Río La Purísima.

6.1.3 Comondú

Los misioneros Jesuitas llegaron a la zona de los Comondú en 1708 para establecer y fundar la Misión de San José de Comondú (0.88 km²). No muy lejos de este pequeño lugar, a unos 4 km se encuentra la comunidad de San Miguel de Comondú otro pequeño oasis. Estas dos localidades forman parte del municipio de Comondú y se localizan a 50 km al oeste de Loreto, aproximadamente. Se ubican dentro de la cuenca Magdalena de donde proviene el arroyo Comondú. La zona está dominada por mesetas basálticas con cañadas y valles de tipo ramificado con lomerío abierto. El clima predominante en estos lugares es seco templado con lluvias durante el verano. La vegetación en estos ambientes ribereños ha sido alterada con los años puesto que a la llegada de los jesuitas se introdujeron varias especies de plantas para la comunidad pudiera subsistir, principalmente plantas frutales. Algunas de las especies que podemos encontrar son: *Scirpus californicus*, *Washingtonia robusta*, *Typha domingensis* y *Phragmites australis*. La principal actividad que se lleva a cabo en esta zona es la agricultura (Grismer & McGuire 1993; Maya *et al.* 1997; Ruiz-Campos *et al.* 2014).

La convención RAMSAR (2020) ha considerado a estos dos oasis junto con La Purísima y San Isidro como humedales de importancia internacional bajo el nombre de “Humedal Los Comondú”. Entre la avifauna podemos encontrar especies bajo una categoría de riesgo como *Geothlypis beldingi*, *Vireo bellii*, *Polioptila californica*, *Tachybaptus dominicus*,

Falco peregrinus, *Accipiter striatus* y *Accipiter cooperii*. Además, de ser un sitio de importancia para la anidación de *G. beldingi*, también podemos encontrar a *Hylocharis xantusii*, ambas especies endémicas.

6.1.4 San Bartolo

El oasis de San Bartolo se desarrolla sobre el lecho del arroyo que lleva el mismo nombre, sobre el cual existen parches grandes de palmar dominado por *Washingtonia robusta*. Estos parches se distribuyen a lo largo de la cañada manteniéndose gracias a la humedad que proporciona el manto freático. En la ladera sur de la cañada podemos encontrar el Cerro de la Campana, donde existe un manantial pequeño permanente al pie del mismo. Este oasis pequeño tiene una superficie de 0.59 km² el cual se localiza a 87 km aproximadamente al sureste de la ciudad de la Paz a una altitud de 380 msnm (Maya *et al.* 1997; Ruiz-Campos *et al.* 2014).

En este ambiente ribereño, la vegetación nativa ha sido modificada con la llegada de los pobladores como ha ocurrido con otros lugares. Alrededor de esta zona podemos encontrar varias huertas frutales las cuales se han mantenido gracias a la afluencia del arroyo. Entre la vegetación nativa podemos encontrar *Brahea brandegeei*, *Cyperus odoratus*, *Celtis reticulata*, *Prosopis articulata* y *Prosopis palmeri* (Ruiz-Campos *et al.* 2014).

6.1.5 Santiago

El oasis de Santiago pertenece al municipio de Los Cabos, se localiza a 45 km al norte de San José del Cabo a una altitud de 132 msnm, con una superficie de 1.47 km². Esta localidad se encuentra dentro de la provincia biogeográfica del Cabo y entre dos regiones biogeográficas por lo que esta zona comparte ciertas características de vegetación de tipo xerófilo y tropical. Su localización se ubica dentro de mesetas, las cuales están formadas por depósitos arenosos históricos provenientes de Sierra La Laguna, además de que se mantiene por los arroyos Agua Caliente y San Jorge (Maya *et al.* 1997). Entre la vegetación nativa podemos encontrar *Salix bonplandiana*, *Brahea brandegeei*, *Baccharis salicifolia*, *Populus brandegeei*, *Typha domingensis* y *Phragmites australis*.

6.1.6 El Chorro

El oasis El Chorro se localiza sobre el lecho del arroyo Agua Caliente a 12 km de Santiago, en el municipio de Los Cabos a una altitud de 220 msnm. En este ambiente ribereño el flujo del agua sobre el arroyo es permanente gracias a una pequeña represa construida en donde existe roca, canto rodado y arena gruesa en el fondo. Este lugar pertenece a la ecorregión de matorrales tropicales y selvas bajas del Cabo. Entre la vegetación nativa podemos encontrar a *Perityle cuneata*, *Phaulothamnus spinescens*, *Salix bonplandiana*, *Tecoma stans* y *Tournifortia hartwegiana*. Este pequeño humedal está localizado dentro de los límites del Área Natural Protegida Sierra de La Laguna (Ruiz-Campos *et al.* 2014).

6.1.7 San José del Cabo

El estero de San José se localiza en San José del Cabo, perteneciente al municipio de Los Cabos, en el extremo sur de la Península. Este oasis es el de mayor superficie en esta zona (1.37 km²). Este humedal es una laguna costera de agua dulce que se retroalimenta gracias a la escorrentía superficial y subterránea de la cuenca de San José, llegando al arroyo del mismo nombre el cual va a desembocar al estero. El cuerpo de agua está separado por una barrera de arena que impide la comunicación con el mar. Debido a su ubicación, este lugar está expuesto constantemente a ciclones tropicales ocasionando que la barrera arenosa se rompa ocasionalmente, dando como resultado una conexión entre esta laguna y el mar; por ello, el agua tiende a tornarse salobre (Maya *et al.* 1997; Shiba Reyes 2019).

La alta diversidad biológica contenida en esta localidad le ha valido varias categorías de protección a la zona, puesto que es un área con una constante presión antropogénica al cambio de uso de suelo. En uno de los primeros esfuerzos se logró declarar al Estero como Reserva Ecológica Estatal en 1993. Al mantener a una de las mayores poblaciones de *Geothlypis beldingi* y un número importante de especies acuáticas ha sido considerada un Área Importante para la Conservación de las Aves (AICA no. 140; Berlanga *et al.* 2008). Además, ha sido designado por la convención RAMSAR como un humedal de importancia internacional con el nombre de “Sistema Ripario de la Cuenca y Estero de San José del Cabo” (RAMSAR 2014). La vegetación predominante al borde del cuerpo de agua se caracteriza por grandes parches *Phragmites australis* y algunos parches *Typha*

domingensis; también podemos encontrar otras especies como *Anemopsis californica*, *Brahea brandegeei* y *Populus brandegeei* (Ruiz-Campos *et al.* 2014).

6.1.8 Punta San Pedro

El oasis de Punta San Pedro se localiza a 7 km del poblado de Todos Santos que pertenece al municipio de La Paz, siendo el único oasis que colinda con el Océano Pacífico. Es una laguna de agua dulce permanente que la separa del mar una duna arenosa que conecta con la playa al Pacífico. Por lo general, cuando llega la temporada de lluvias a la zona, la barrera se abre permitiendo el acceso del agua marina hacia el cuerpo de agua dulce mezclándose y ocasionando que algunas partes del humedal sean salobres. Debido a que este sitio alberga una población de *Geothlypis beldingi*, especie endémica en peligro de extinción en la NOM-059-SEMARNAT, además de contar con una distribución restringida, ha sido considerado como un Área de Importancia para la Conservación de las aves (AICA no. 144; Berlanga *et al.* 2008). Además, en este ambiente ribereño podemos encontrar vegetación como *Phragmites australis*, *Typha domingensis*, *Brahea brandegeei*, *Distichlis spicata*, *Juncus acutus* y *Scirpus americanus* (Maya *et al.* 1997; Ruiz-Campos *et al.* 2014).

6.2 Distribución geográfica de *Geothlypis beldingi*.

Para determinar la distribución geográfica de *G. beldingi* se realizó primeramente una búsqueda en las bases de datos de la plataforma de Global Biodiversity Information Facility (GBIF, por sus siglas en inglés; <https://www.gbif.org/species/2489638>). Esta plataforma contiene registros históricos y recientes de diferentes especies de museos y/o plataformas digitales como eBird y Naturalist (recolectas y observaciones). Esta información se revisó minuciosamente, se corroboró que todos los registros de la especie y coordenadas fueran acordes a la localidad reportada. En el proceso, también se identificaron aquellos datos que carecen de información, los cuales fueron eliminados. Además, se eliminó aquellos casos que no coincidieran con el lugar o el hábitat (e.g, algunos registros indicaban que habían sido observados en el área marina).

Una vez identificados todos los registros y realizado una depuración, se trabajó en otra base de datos para establecer la distribución espacio temporal por regiones, separando a las

localidades del norte y del sur. Se ordenaron todos los registros reportados por mes y año para cada localidad. Asimismo, se corroboró la presencia de la especie en los diez sitios seleccionados para este trabajo.

6.3 Abundancia de *Geothlypis beldingi* en oasis de Baja California Sur

Para este objetivo se homologó la metodología de este trabajo con la utilizada en el trabajo previo de Rodríguez-Estrella *et al.* (1999), con el fin de realizar comparaciones adecuadas. De las diez localidades, solo se consideraron nueve oasis, puesto que La Purísima y San Isidro se consideraron como un solo sitio por su gran cercanía geográfica (Tabla 2). Se realizaron dos salidas al campo, visitando primero los oasis al sur, del 28 de febrero al 08 de marzo de 2020; posteriormente se visitaron las localidades del norte, del 13 al 21 de marzo de 2020. En adición, debido a la cercanía a Santiago, se visitó el oasis de Miraflores para corroborar la presencia de la especie en este lugar.

Para determinar la abundancia de *Geothlypis beldingi* se hicieron transectos de longitud variable durante un tiempo de esfuerzo de 1 hora, donde un observador registró todos los individuos observados y escuchados mientras se caminaba lentamente lo más cerca posible al borde del cuerpo de agua (Fig.4). Como información adicional, se anotó la distancia a la que fue observada el ave, la actividad en el momento de la observación, el sustrato donde fue observado y el sexo. El número de transectos y tiempo invertido en cada oasis dependió del tamaño del lugar. La abundancia se estimó como el número total de individuos registrados por hora. Las condiciones ambientales fueron similares en todos los sitios de muestreos con días soleados y cielo parcialmente despejado. Se invirtió un total de 26 horas de muestreo durante la temporada de invierno.

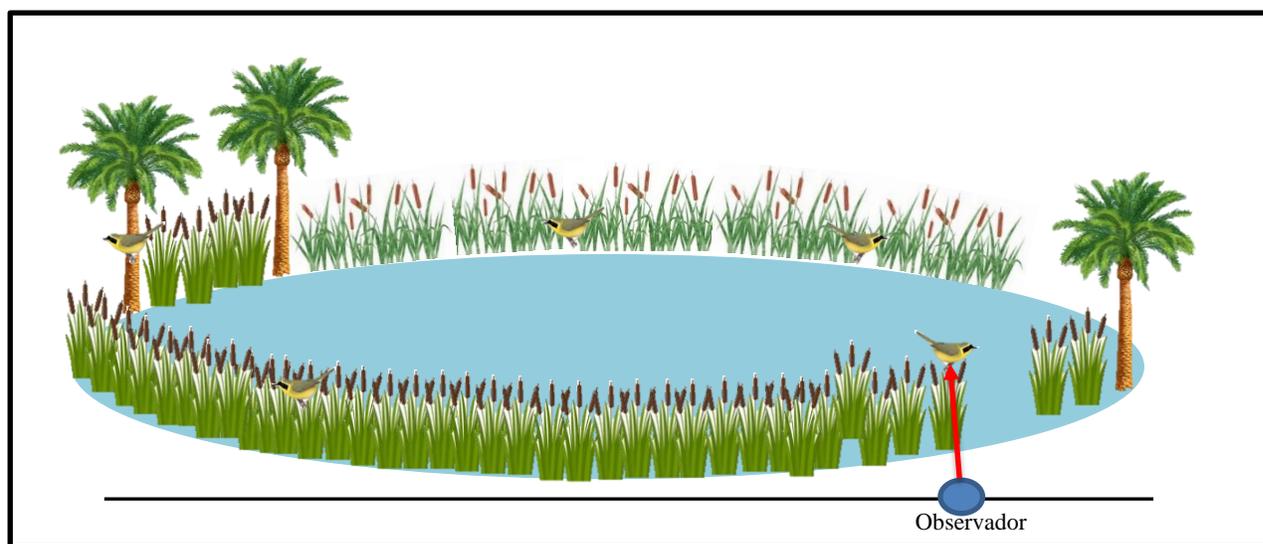


Figura 4. Representación esquemática del método de transecto a través del perímetro de un oasis para cuantificar el número de individuos (observados o escuchados) presentes de *Geothlypis beldingi*.

De acuerdo con Rodríguez-Estrella *et al.* (1999) fueron seleccionados 5 oasis (2 al norte y 3 al sur) donde se tenía la confirmación de la presencia de la especie. Adicionalmente, se eligieron 5 oasis más donde no se tenía registro de la especie; sin embargo, estos lugares eran potenciales o lo fueron en su momento presentando un ambiente adecuado para la presencia de la Mascarita (Tabla 1).

Tabla I. Localidades seleccionadas al norte y sur de Baja California Sur en los trabajos realizados en 1999 y en el presente estudio (2020).

Localidad	Rodríguez-Estrella <i>et. al</i> (1999)	Este estudio (2020)
San Ignacio	x	x
La Purísima	x	x
San Bartolo	x	x
Santiago	x	x
Punta San Pedro	x	x
San José del Cabo	x	x
San José de Comondú		x
San Miguel de Comondú		x
El Chorro		x
San Juan Bautista	x	
El Pilar	x	
San Pedro de la Presa	x	
Boca de la Sierra	x	

Posterior a obtener la información, se realizó una regresión lineal simple para saber si la abundancia obtenida en este trabajo se relacionaba con el tamaño del oasis. Para hacer este análisis se utilizó el programa RStudio versión 1.2.1335 (2019).

6.4 Evaluación del grado de amenazas de las poblaciones de *Geothlypis beldingi*

Para determinar el grado de amenaza en los oasis de Baja California Sur se estimó registrando aquellas actividades humanas de mayor impacto en cada localidad. Las actividades que se tomaron en cuenta para este análisis fueron: turismo, extracción de agua, construcción de casas, incendios, ganadería, agricultura y especies exóticas. Para medir el nivel de amenaza que representa cada actividad en estos sitios se establecieron las siguientes categorías: 0) no existe amenaza; 1) poca amenaza; 2) amenaza moderada; 3) amenaza alta y 4) amenaza muy alta. Para esta ponderación se tomaron en cuenta los valores de dos trabajos previos donde estimaron el grado de amenaza para diferentes oasis a lo largo de Baja California Sur (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999; Navarro Pérez *et al.* 2019).

Para determinar las amenazas se realizó un análisis de correspondencias canónicas (CCA) utilizando el programa RStudio version 1.2.1335 (2019) y la paquetería vegan (Oksanen 2019). La primera matriz se construyó con datos demográficos humanos y geográficos de

las localidades estudiadas (población total, poblados independientes, desarrollos turísticos, elevación y superficie de los oasis). Para la segunda matriz se utilizaron los valores del grado de amenaza de las actividades humanas en los oasis.

6.5 Obtención de vocalizaciones *Geothlypis beldingi*

Aunque no se tienen estudios sobre la ecología reproductiva la temporada conocida de apareamiento de la Mascarita Peninsular comienza en marzo y termina en mayo o principios de junio, probablemente. Por tanto, estos meses fueron cruciales para la obtención de grabaciones de los cantos. La toma de muestras se realizó del 28 de febrero al 8 de marzo y del 13 al 21 de marzo de 2020, con 16 días efectivos de grabación en diez oasis. Debido a que la temporada reproductiva apenas comenzaba, en la primera salida solo se lograron conseguir pocas grabaciones en tres localidades.

Para la obtención de las grabaciones del canto de *G. beldingi* se utilizó un equipo de grabación digital Marantz model PMD620 con un micrófono Sennheiser ME67. Las grabaciones se hicieron con una tasa de muestreo de 44 Hz y un intervalo dinámico de 16 bits en formato *wav*. La toma de muestras fue de 07:00 a 11:30 h con las condiciones climáticas adecuadas (cielo parcialmente despejado, sin viento excesivo y sin lluvia). Los oasis seleccionados para la toma de muestras fueron elegidos con base en la información existente de poblaciones reproductoras bien establecidas. Además, se realizaron varias grabaciones de cada individuo para posteriormente elegir la más adecuada para los análisis de gabinete.

6.6 Análisis de vocalizaciones

Para el análisis de las grabaciones, el trabajo de gabinete se dividió en dos etapas siguiendo algunas de las recomendaciones de Zakeri (2017). La primera etapa consistió en realizar un análisis cualitativo describiendo el canto de *Geothlypis beldingi* y hacer una comparación de los datos recabados en los diferentes oasis muestreados. Se identificaron los diferentes tipos de notas en cada espectrograma elaborado con el Software Raven Pro 1.6 (The Cornell Lab of Ornithology, Bioacoustic Research Program). Estos se hicieron con una

ventana tipo Blackman con 80% de traslape, resolución de 11.6 ms y una DFT (Discrete Fourier Transform) de 512 muestras. Dichos parámetros se seleccionaron de acuerdo con el manual de usuario de Raven (Charif et al. 2010).

A cada nota identificada en el espectrograma de cada grabación se le asignó una letra (a, b, c y d) para su descripción visual (Fig. 5): además, se escucharon todas las grabaciones para determinar si existía alguna diferencia auditivamente. De acuerdo con algunos autores, una nota se define como una unidad dentro de la frase que está separada por un silencio; es decir, es una secuencia en el espectrograma definido por un periodo de tiempo (Borrór 1967, Bolus 2014; Byers 2015).

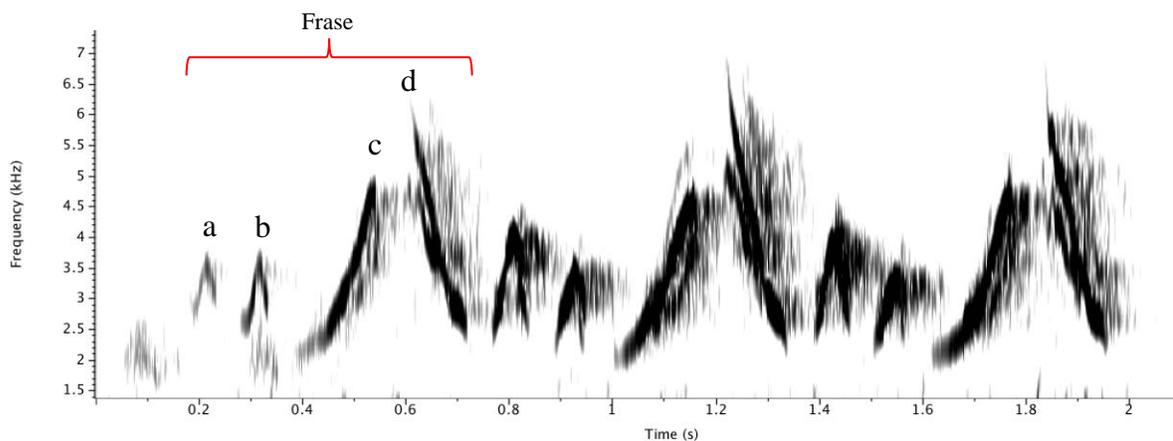


Figura 5. Descripción del canto de *Geothlypis beldingi*. Se identificó el número total de notas que contiene una frase, así como el número total de frases dentro del canto. A cada nota se le asignó una letra diferente (a, b, c y d) para su clasificación.

Para la segunda etapa de nuestro trabajo de gabinete se tenía pensado tomar en cuenta nueve variables para realizar un análisis cuantitativo del canto de la Mascarita peninsular: frecuencia máxima, frecuencia mínima, ancho de banda, duración de la canción, número total de notas, duración de una nota, duración de una frase, número total de frases y número de total de notas en una frase (Fig. 6; Tabla 2).

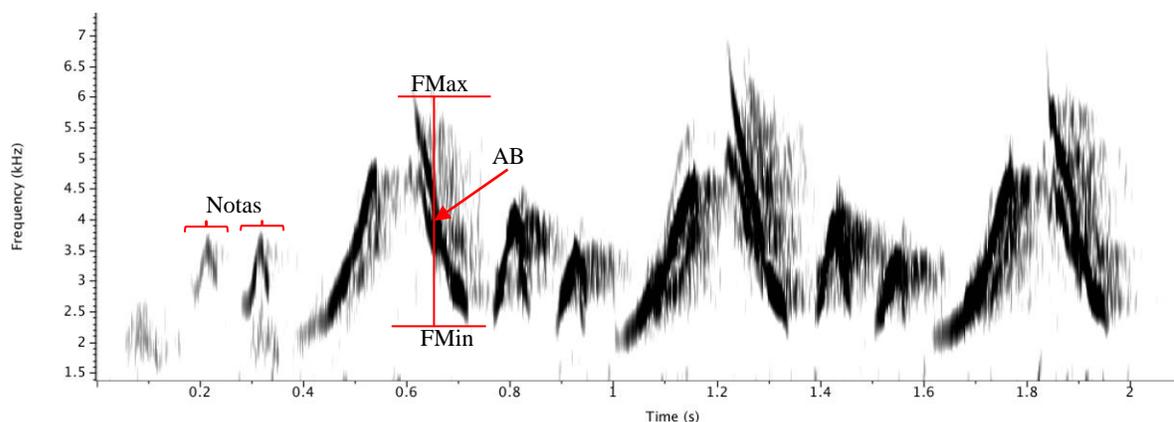


Figura 6. Variables consideradas para un análisis cuantitativo del canto de *Geothlypis beldingi*. El objetivo fue una comparación entre diez poblaciones utilizando nueve variables del canto de la Mascarita.

Tabla II. Definición de los parámetros considerados para el análisis cuantitativo del canto de *Geothlypis beldingi*.

Parámetro	Abreviatura	Definición
Frecuencia máxima (Hz)	Fmáx	Valor máximo de frecuencia alcanzado en el canto
Frecuencia mínima (Hz)	Fmín	Valor mínimo de frecuencia alcanzado en el canto
Ancho de banda (Hz)	AB	Es la diferencia de frecuencias en el canto
Duración de la canción (S)	DC	Tiempo total que dura el canto
Duración de nota (S)	DN	Tiempo total que dura una nota
Duración de frase (S)	DF	Tiempo total que dura una frase
Número de frases	TF	Número total de frases dentro del canto
Número de notas totales	NT	Número total de notas que contiene el canto
Número de notas en frase	NF	Número total de notas en una frase dentro del canto

Uno de los objetivos planteados de este trabajo fue en comparar los cantos de *Geothlypis beldingi* entre las 10 poblaciones estudiadas. Debido a que se escucharon muy pocos individuos cantar en la primera salida, se programó una segunda salida más a campo para continuar con la recopilación del material auditivo y que nuestro número de muestras por localidad fuera mayor. Sin embargo, el trabajo de campo tuvo que ser suspendido por la contingencia sanitaria por Covid-19, afectando negativamente esta parte del trabajo. La posibilidad de continuar con los monitoreos en campo no sería permitida en el centro hasta

que el semáforo estuviera en color verde y no existiera riesgo alguno para la salud de los estudiantes. Esto no ocurrió durante este tiempo del desarrollo de la tesis.

7. RESULTADOS

7.1 Distribución geográfica de *Geothlypis beldingi*

Se obtuvo un total de 2,223 registros de la base de datos de la plataforma de GBIF (recolectas y observaciones), los cuales fueron depurados para dar un total de 2,095 registros calificados (Tabla 3).

En cuanto al trabajo de campo de esta tesis, se visitaron 11 sitios para corroborar la presencia de la especie. Solo se encontró en 10 localidades. Los sitios con mayores registros fueron el Estero de San José, Santiago, Punta San Pedro y San Ignacio. La localidad de Miraflores es la única donde no se registró la presencia de la especie durante la visita que hicimos.

Tabla III. Registros de *Geothlypis beldingi* en Baja California Sur. Se obtuvo el número total de reportes para cada región (norte y sur).

	Norte	Sur	Registros totales	Registros depurados
Recolectas	108	470	578	54
Observaciones	141	1,376	1,517	74
Total	249	1,846	2,095	128

La distribución geográfica de *Geothlypis beldingi* se concentra principalmente al sur del estado de Baja California Sur. No obstante, se pueden observar pequeñas y no menos importantes poblaciones al norte de Baja California Sur (Fig. 7). Las poblaciones al sur del estado se concentran principalmente en la región del Cabo; entre las poblaciones con mayor presencia se encuentran las de los oasis de Santiago y el Estero de San José del Cabo, siendo este último uno de los sitios más importantes porque alberga a una de las poblaciones con mayor número de individuos (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999). Por otro lado, el oasis de Punta San Pedro ubicado a 7 km al sur del poblado de Todos Santos concentra una población abundante de *Geothlypis beldingi* para la región de La Paz. Mientras que para la ciudad de la Paz se tienen registros de la presencia de la especie, uno de los sitios donde se ha observado es en los alrededores de las lagunas de oxidación, donde hay pequeños parches de carrizo y tule.

7.1.1 Registros totales

Al norte del estado se tiene una de las poblaciones más abundantes de *G. beldingi*, la cual se ubica en el oasis de San Ignacio. Este humedal está en constante amenaza por fenómenos naturales como inundaciones e incendios ocasionales, así como fenómenos antropogénicos como remoción de carrizal, ganadería, incendios inducidos y asentamientos humanos (Rodríguez-Estrella *et. al* 1999). También se tienen registros de la especie en el oasis de Mulegé. Asimismo, a 270 km al sur de San Ignacio se localizan cuatro oasis con poblaciones de Mascarita Peninsular: La Purísima, San Isidro, San José de Comondú y San Miguel de Comondú.

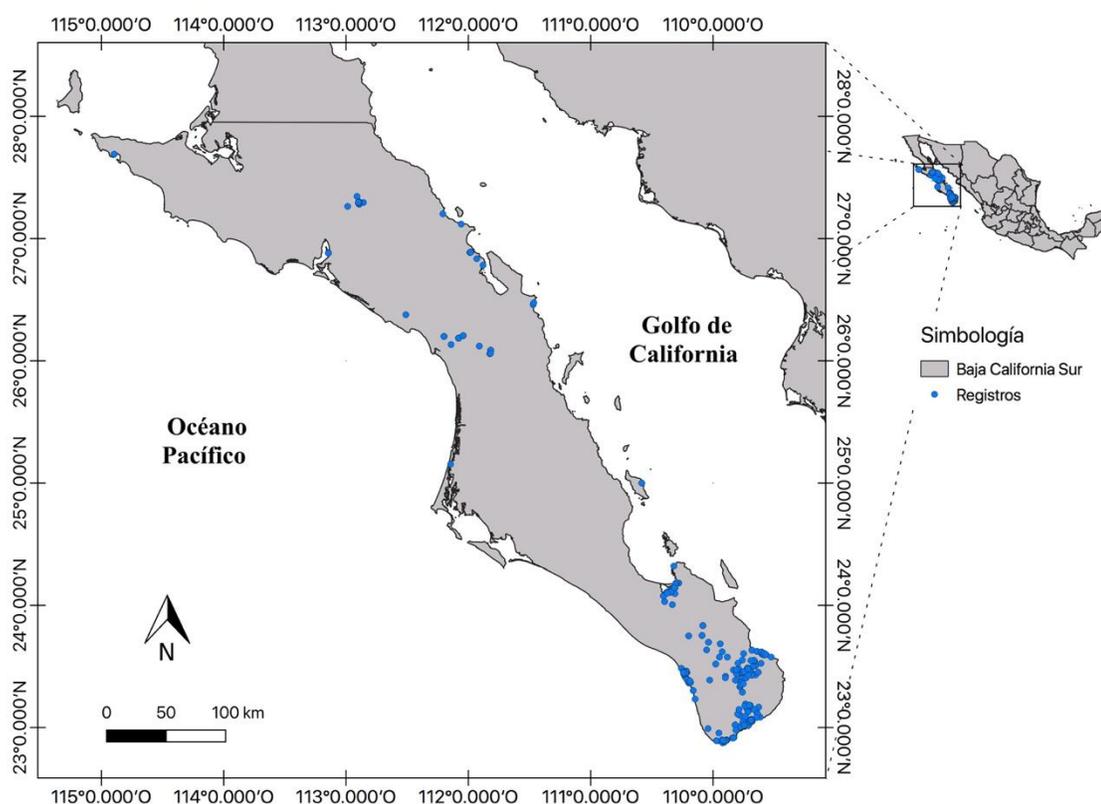


Figura 7. Distribución geográfica de *Geothlypis beldingi* en Baja California Sur, basado en registros obtenidos de GBIF (n=2,095). La mayor parte se concentra en la parte sur del estado, en la región del Cabo.

7.1.2 Registro por temporadas

Se observó que durante la temporada de primavera existe un mayor número de registros de la especie, seguido de la temporada de invierno, otoño y verano (Fig. 8; Tabla 4). Se tienen también registros en los cuales no se tiene fecha del registro, por lo que fueron clasificados como N/A (n=8). Como anteriormente se mencionó, la región del Cabo tiene un mayor número de registros en las temporadas de invierno y primavera. Siendo el verano con un menor número de reportes de la especie.

Tabla IV. Número de registros por temporadas. De las cinco temporadas la primavera fue donde se registraron más individuos de *Geothlypis beldingi* mientras que en el verano fue el menor número de registros.

Temporada	Norte	Sur	Total
Primavera	121	565	686
Verano	24	255	279
Otoño	40	452	492
Invierno	64	566	630
N/A	1	7	8
Total	250	1845	2095

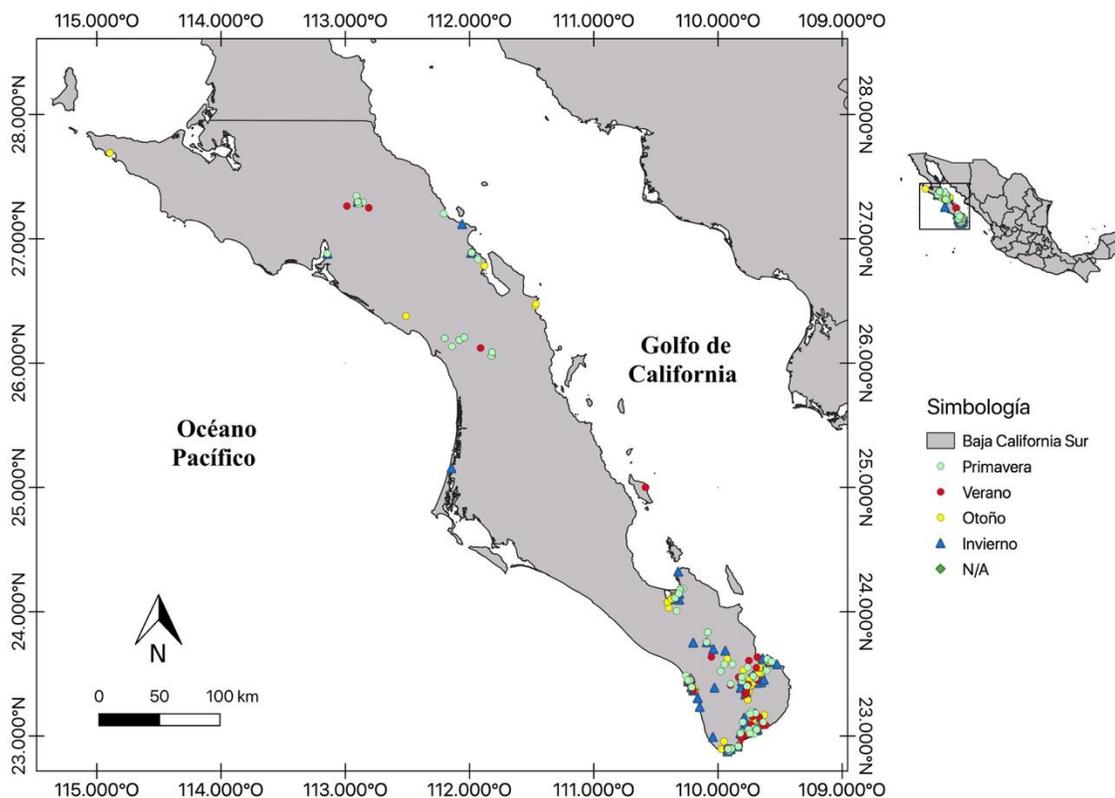


Figura 8. Distribución geográfica de *Geothlypis beldingi* por temporadas. La temporada que tiene mayores registros para ambas regiones (norte y sur) es la primavera (n=686), invierno (n=630), otoño (n=492) y verano (n=279).

7.1.3 Primavera

Por otro lado, para la temporada de primavera para cada localidad en la parte norte del estado, el oasis de San Ignacio fue el lugar con más reportes de la presencia de la especie. Para La Purísima y Comondú también hay registros, pero en menor cantidad en comparación a San Ignacio (Fig. 9; Tabla 5). Lo mismo ocurre para la zona sur de la región; la localidad con un mayor número de registros para esta temporada es San José del Cabo seguido de Santiago y Todos Santos, aunque en menor cantidad (Fig. 10; Tabla 6).

Tabla V. Número de registros de *Geothlypis beldingi* por localidad para la zona norte. La localidad de San Ignacio fue la que tuvo más reportes de la presencia de la especie.

Localidad	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total
Bahía Tortugas			2		2
Comondú	21	5	2	1	29
Isla San José		2			2
Purísima	26		2		28
San Isidro	6				6
Cadejé			1		1
Tinaja			2		2
Mulegé	5	2	5	17	29
San Bruno				1	1
San Ignacio	63	15	26	45	149
S/F					1
Total	121	24	40	64	250

Tabla VI. Número de registros de *Geothlypis beldingi* por localidad para la zona sur. El sitio con mayor número de registros fue San José del Cabo para las cuatro temporadas.

Localidad	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total
Agua Caliente			1		1
Arroyo Las Cuevas			4	7	11
Arroyo San Jacinto				2	2
Boca de la Sierra	1	1		2	4
Buenavista		4			4
Cabo San Lucas	25	5	11	9	50
Caduaño		4	4	5	13
Campamento			1	1	2
Cerritos				2	2
Ejido el Rosario	4			1	5
El Cardonal	1				1
El Chorro	1		3	1	5
El Estanque			1		1
El Oro				2	2
El Triunfo	5	1			6
Eureka			5		5
Huerta Aramburo				2	2
La Paz	31	7	41	34	113
La Ribera	4	3	9	14	30

Miraflores	19	8	15	8	50
Pescadero			1	1	2
Punta San Pedro	15	9	12	36	72
San Antonio de la Sierra				3	3
San José del Cabo	314	158	229	347	1048
San Pedrito Beach				1	1
Santa Anita	15			2	17
Santa Rita	7	1	2	1	11
Santiago	70	7	39	25	141
Sierra la Laguna	4	1	2	1	8
Todos Santos	49	46	72	59	226
N/A					7
Total	565	255	452	566	1845

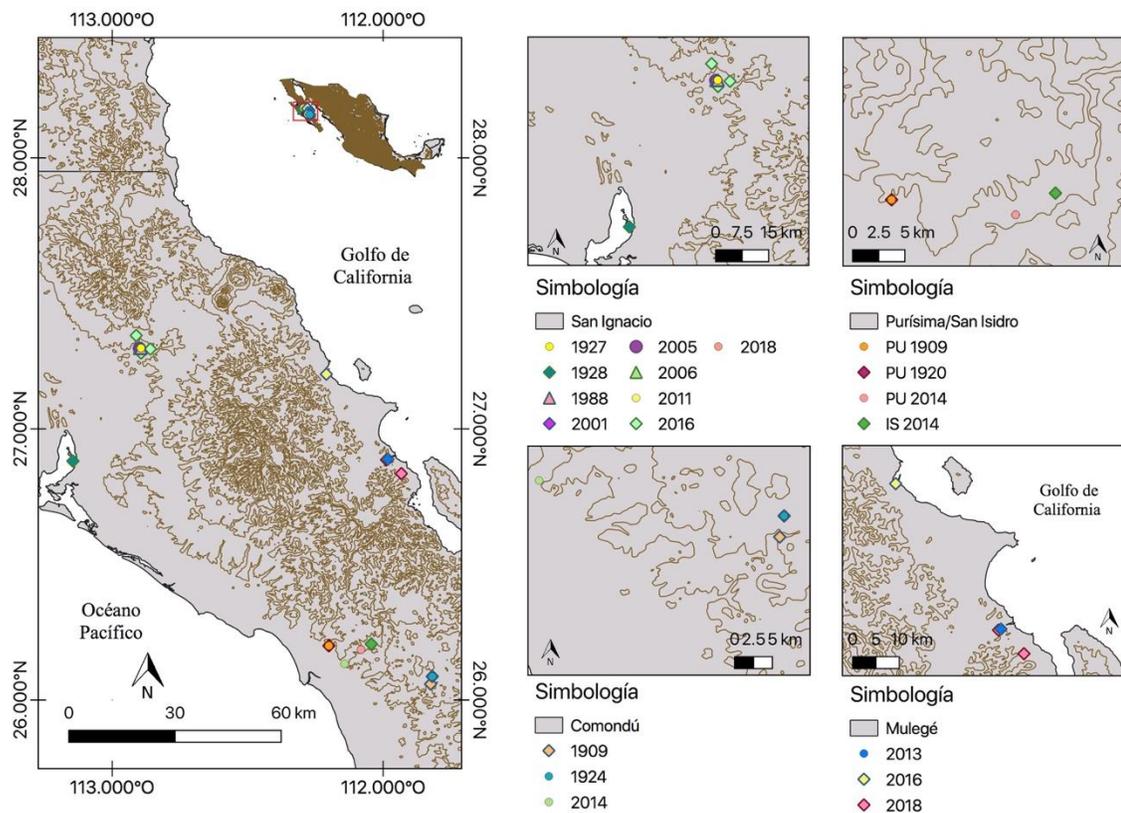


Figura 9. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de primavera para la región norte. Para esta temporada se tienen registros de cinco localidades: San Ignacio, La Purísima (PU) San Isidro (IS), Comondú y Mulegé.

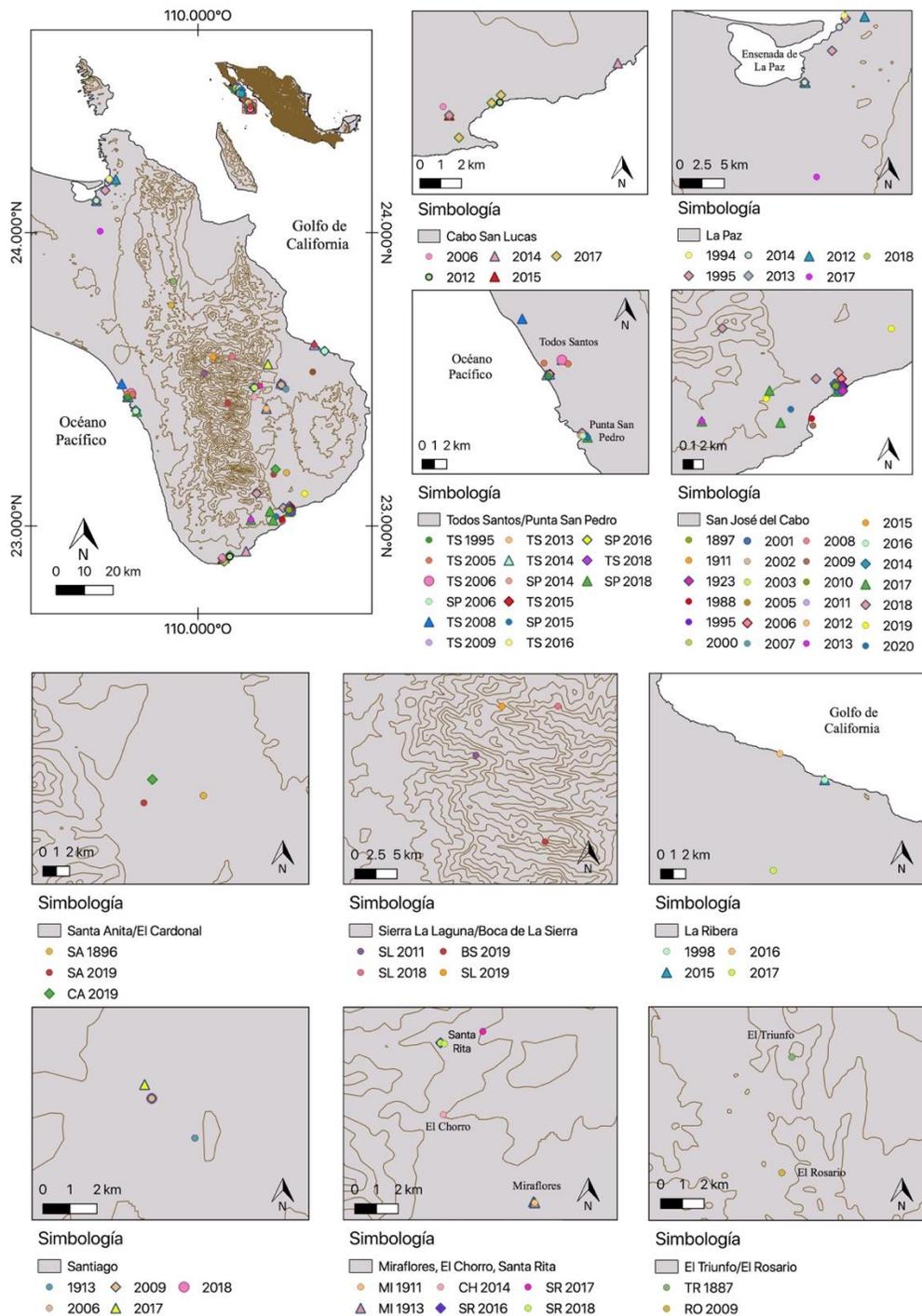


Figura 10. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de primavera para la región sur. Se tiene reporte de 15 localidades: Cabo San Lucas, Todos Santos, Punta San Pedro, La Paz, San José del Cabo, Santa Anita (SA), El Cardonal (CA), Sierra La Laguna (SL), Boca de la Sierra (BS), La Ribera, Santiago, Miraflores (MI), Santa Rita (SR), El Chorro (CH), El Triunfo (TR) y Ejido El Rosario (RO).

7.1.4 Verano

Para la temporada de verano se registró el menor número de reportes de la especie en Baja California Sur. El oasis de San Ignacio fue el sitio con mayor número de reportes para la zona norte del estado (Fig. 11; Tabla 6). Algunos registros históricos como aquéllos de Isla San José no han sido recientemente confirmados, siendo el registro histórico basado en un espécimen recolectado. Por otro lado, para el lado sur, San José del Cabo tiene más registros seguido de Todos Santos (Fig. 12; Tabla 7).

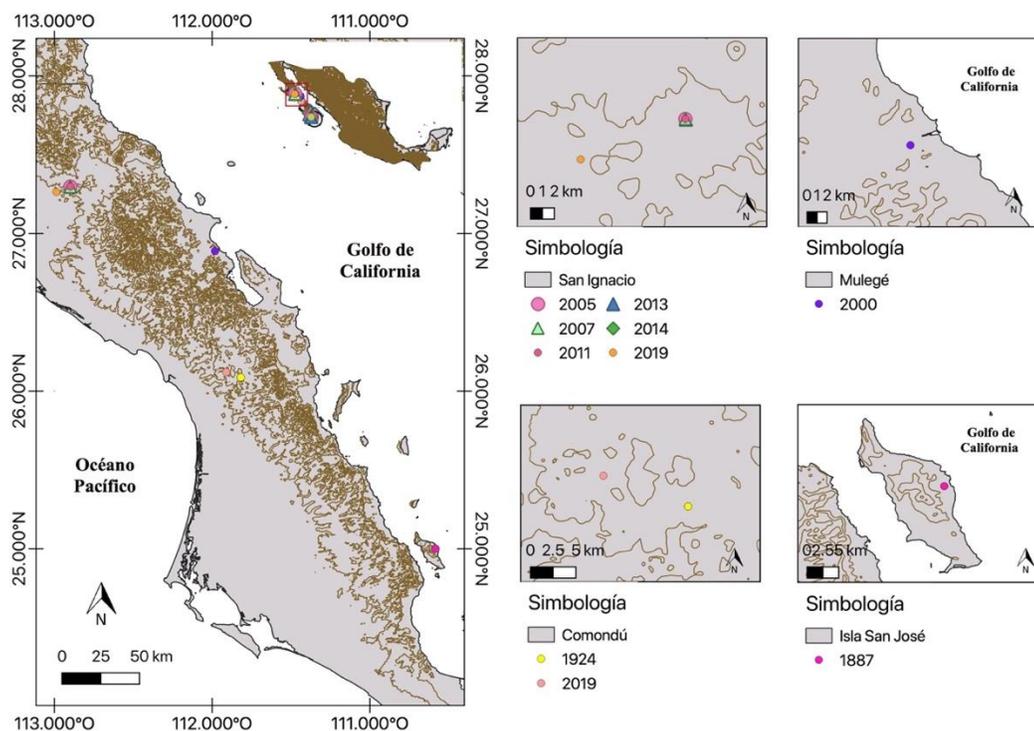


Figura 11. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de verano para la región norte. Los registros para esta temporada se concentran principalmente en el oasis de San Ignacio, además de tener pocos reportes en Mulegé, Comondú e inclusive en la Isla San José (n=2).

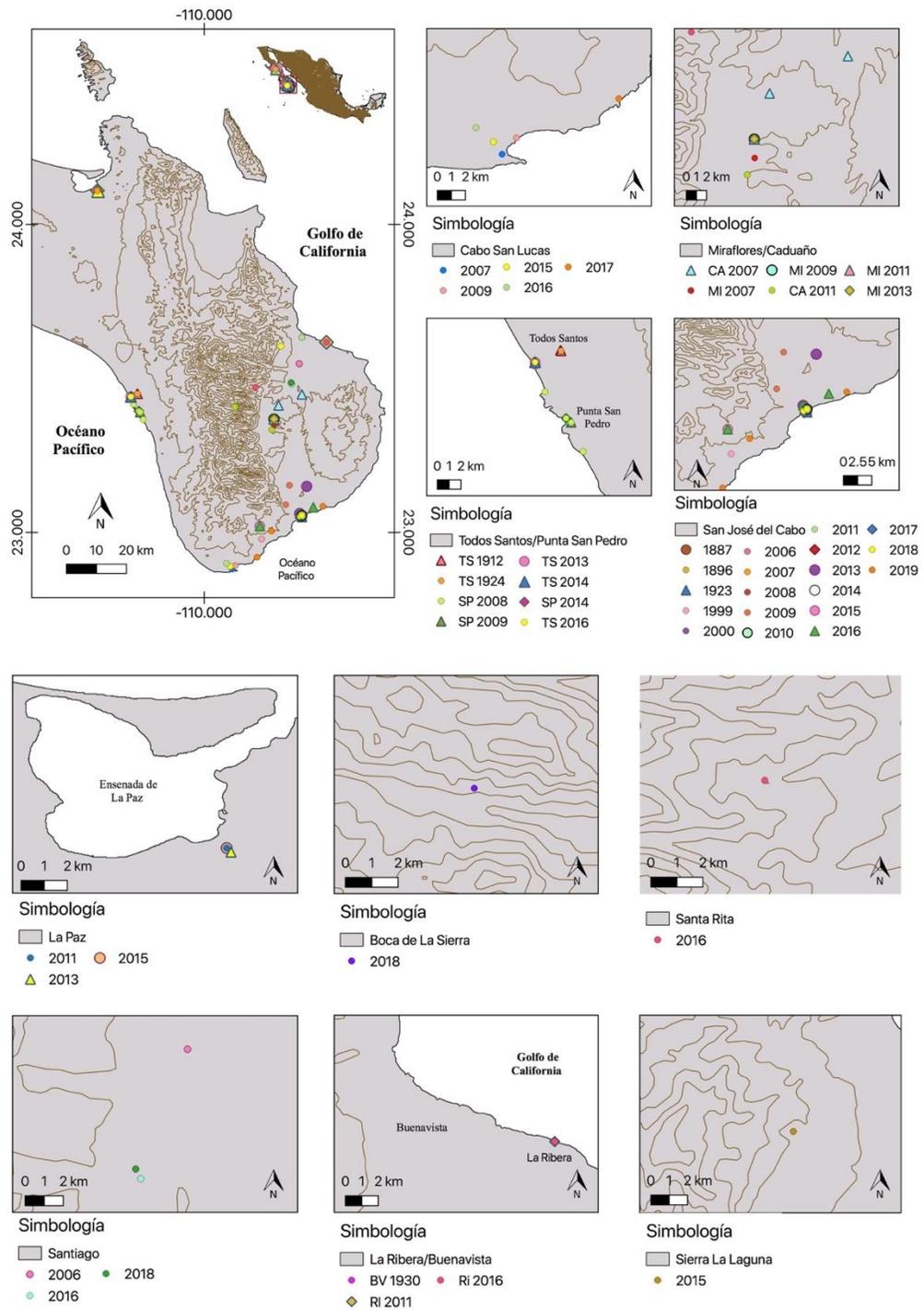


Figura 12. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de verano para la región sur. Para esta temporada se reportan 13 localidades: Cabo San Lucas, Todos Santos (TS), Punta San Pedro (SP), Miraflores (MI), Caduaño (CA), San José del Cabo, La Paz, Boca de la Sierra, Santa Rita, Santiago, La Ribera (RI), Buenavista (BV) y Sierra La Laguna.

7.1.5 Otoño

En la temporada otoño, San Ignacio es el oasis con más reportes, esto para el lado norte (Fig. 13; Tabla 6). Por otro lado, San José sigue siendo el lugar con más reportes para el sur seguido de Todos Santos, La Paz y Santiago (Fig. 14; Tabla 7).

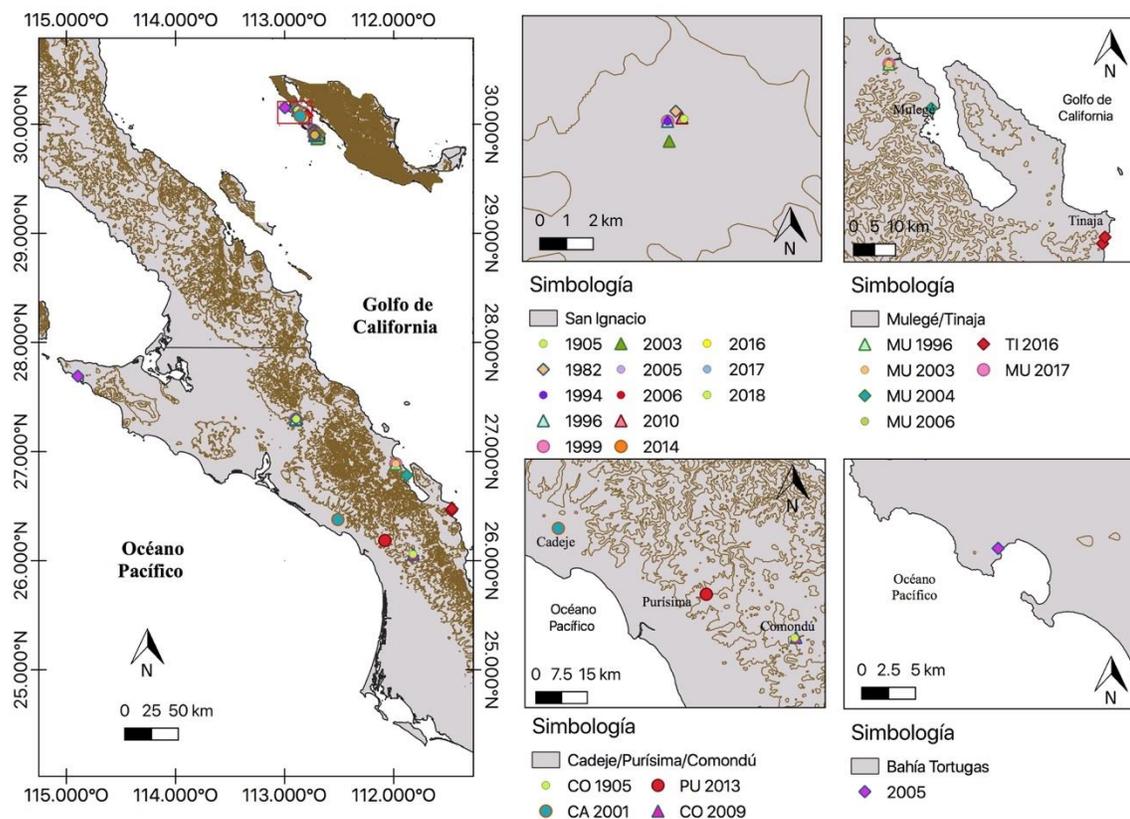


Figura 13. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de otoño para la región norte. Se tienen reportes para 6 localidades para esta temporada: San Ignacio, Mulegé (MU), Comondú (CO), Bahía Tortugas, Loreto (LO) y La Purísima (PU).

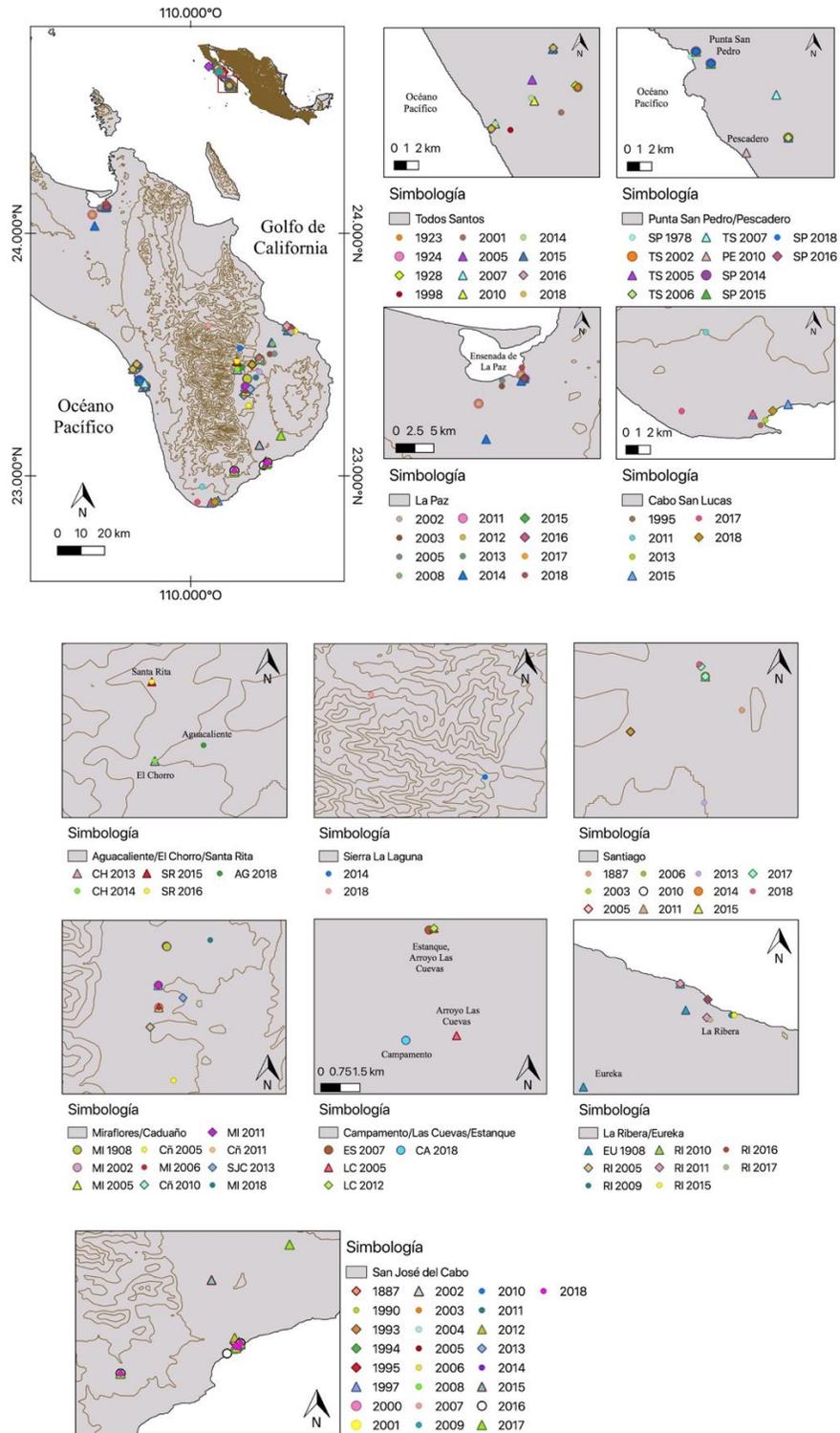


Figura 14. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de otoño para la región sur. Se tienen reportes de la presencia de la especie en 17 localidades: Todos Santos (TS), Punta San Pedro (SP), La Paz, Cabo San Lucas, Caduaño (Cñ), Santiago, Miraflores

(MI), San José del Cabo (SJC), La Ribera (RI), Eureka (EU), Sierra La Laguna, Santa Rita (SR), Agua Caliente, El Chorro (AG), Arroyo Las Cuevas (LC), Campamento (CA), Estanque (ES) y Pescadero (PE).

7.1.6 Invierno

La temporada de invierno fue la segunda en presentar un mayor número de registros en ambas regiones (norte y sur), San Ignacio y Mulegé son los oasis con más reportes de *Geothlypis beldingi* (Fig. 15; Tabla 6). Mientras que San José del Cabo, Todos Santos, Punta San Pedro, La Paz y Santiago son los oasis con más reportes para el lado sur de la región (Fig. 16; Tabla 7).

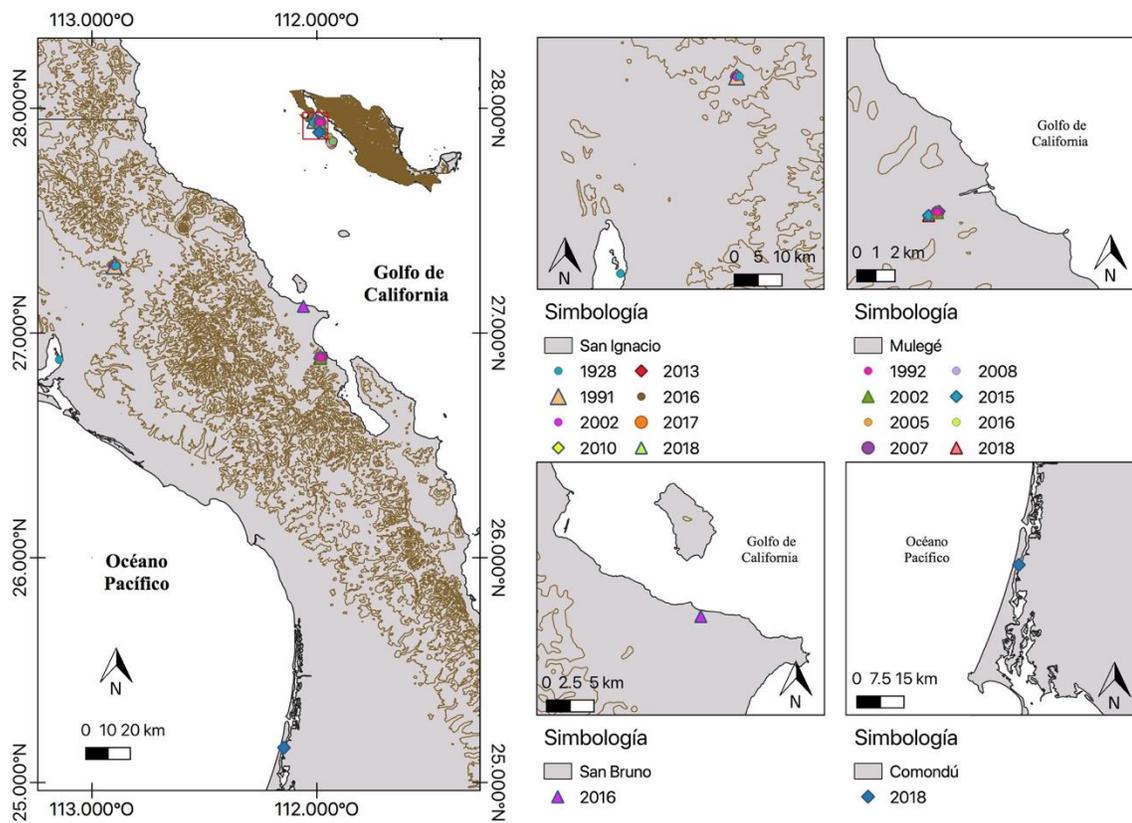
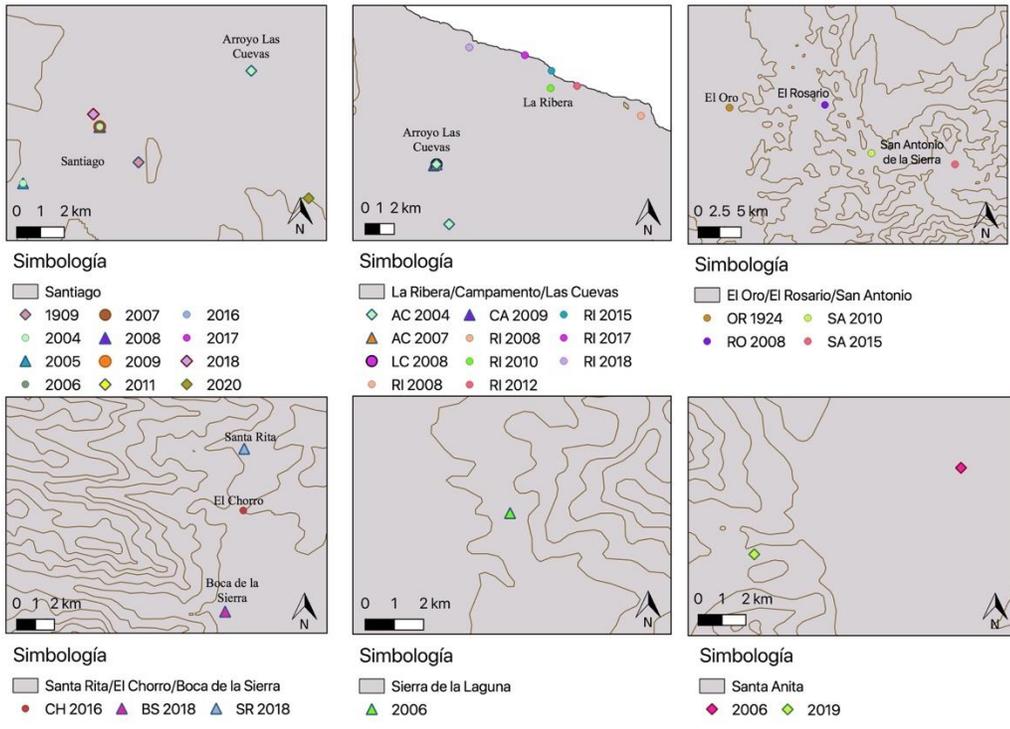
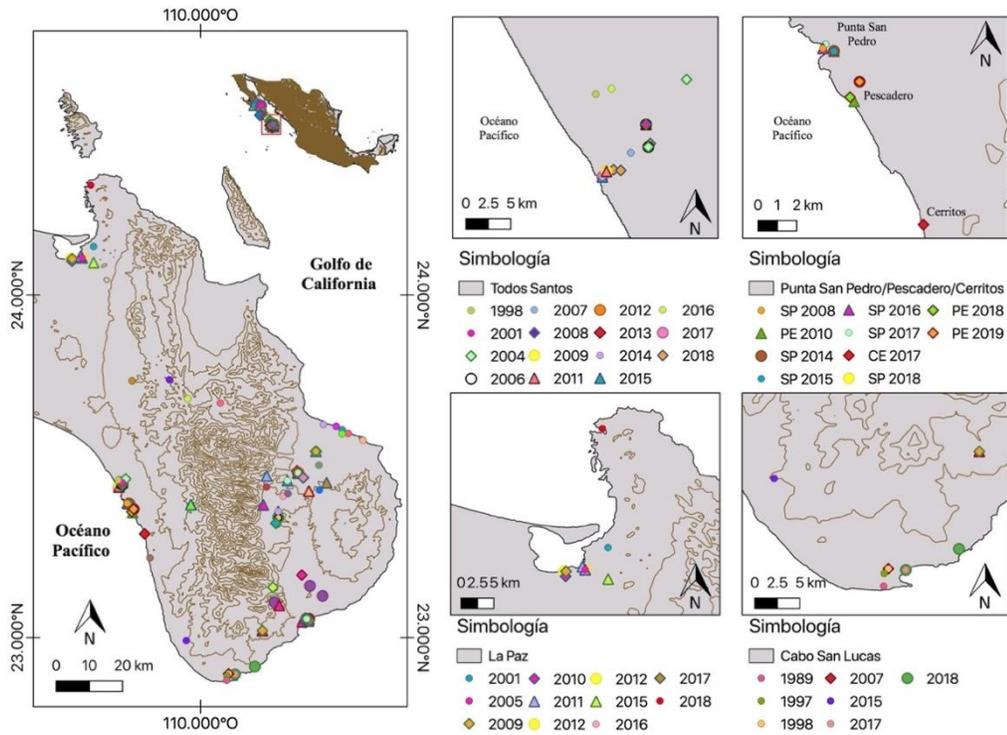


Figura 15. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de invierno para la región norte. Se tienen reportes para esta temporada en 4 localidades: San Ignacio, Mulegé, San Bruno y Comondú.



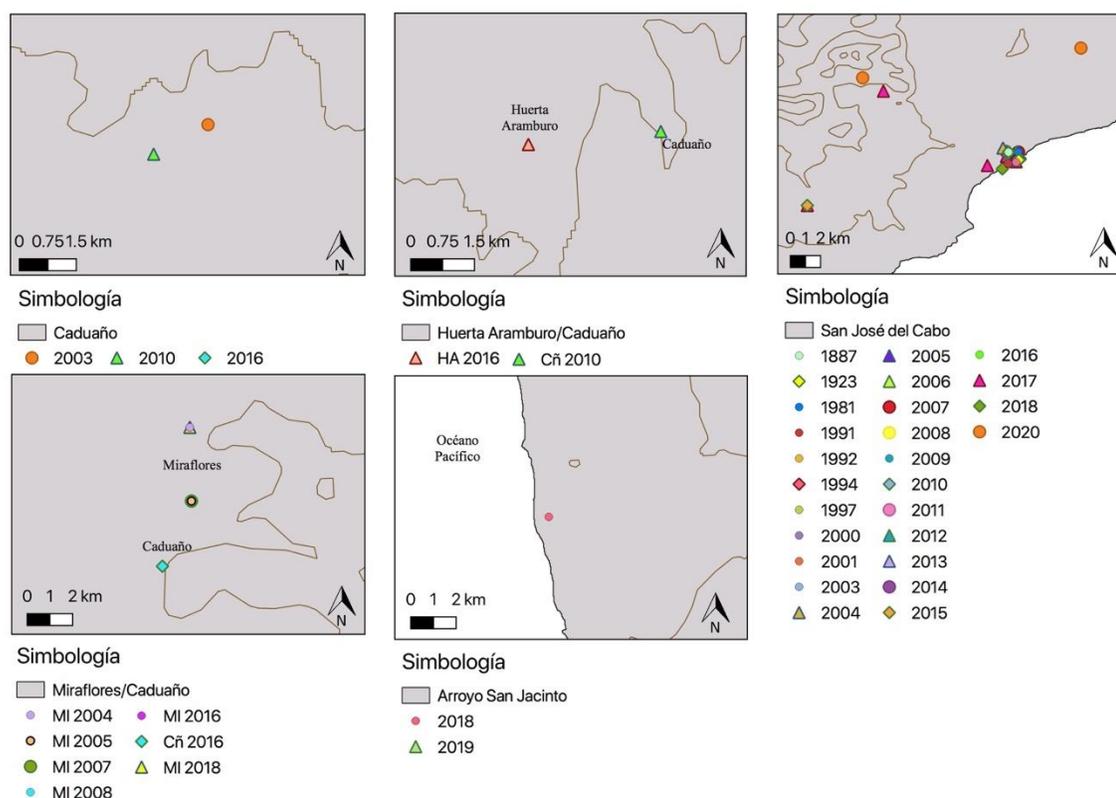


Figura 16. Registros por localidad de *Geothlypis beldingi* en la temporada de invierno para la zona sur del estado. Se tienen reportes para esta temporada en 4 localidades: San Ignacio, Mulegé, San Bruno y Comondú.

7.1.7 Registros por estación del año

Se observó que el mayor número de registros para la región norte durante la temporada de primavera ($n=49$) se hicieron durante el periodo que comprende del 2001-2020. Mientras que para la región sur el mayor número de registros se dio durante la temporada de invierno ($n=536$) para este mismo periodo.

Tabla VII. Registros de *Geothlypis beldingi* por estación del año en la región norte y sur de Baja California Sur.

Año	Norte				Sur				Total
	P	V	O	I	P	V	O	I	
1887-1920	15	2	2	0	103	76	73	8	279
1921-1950	29	4	0	22	31	33	34	11	164
1951-1980	0	0	0	0	0	0	1	0	1

1981-2000	28	2	7	3	69	2	11	11	133
2001-2020	49	16	31	39	362	144	333	536	1510
Total	121	24	40	64	565	255	452	566	2087

7.1.8 Registros por tipo de hábitat

Debido a que muchos de los registros reportados se encuentran en un ambiente distinto a los oasis donde están bien establecidas las poblaciones de *G. beldingi*, se identificaron 8 tipos de hábitat para cada región por temporada (Tabla 8). Se observó que para la región norte en la temporada de primavera se reporta el mayor número de registros en un ambiente desértico o costero (n=28). Por otro lado, para la región sur el mayor número de registros reportados en este mismo ambiente fueron para la temporada de primavera (n=113). Sin embargo, se observó que muchos de los registros están en zonas pobladas o campos agrícolas; el mayor número de registros para este tipo de ambiente fue en la temporada de otoño (n=65). También se observó que para la temporada de otoño e invierno se reportó a la especie en áreas de manglar (n=4). Por último, existen algunos reportes de observaciones en hábitat de selva baja (n=7) que se reportan en la Sierra La Laguna. Las temporadas reportadas en este ambiente fueron primavera, otoño e invierno siendo este último el que mayor registro tiene.

Tabla VIII. Registros de *Geothlypis beldingi* por tipo de hábitat para en la región norte y sur de Baja California Sur, por estación del año. En negritas se muestran los ambientes con mayor número de registros.

Hábitat	Norte				Sur				Total
	P	V	O	I	P	V	O	I	
Oasis	89	22	34	42	357	205	269	443	1461
Arroyo con agua permanente	1				1	2	4	2	10
Arroyo con agua temporal			1		14	4	4	5	28
Manglar				1			2	2	5
Otros humedales	3			20	36	12	39	43	153
Desierto, costa	28	2	5	1	113	18	68	40	275
Ciudad, campos					43	14	65	26	148

Selva baja					1		1	5	7
Total	121	24	40	64	565	255	452	566	2087

7.2 Abundancia de *Geothlypis beldingi* en oasis de Baja California Sur

De acuerdo con nuestro trabajo de campo, los oasis con mayor superficie como el Estero de San José del Cabo, Santiago, Todos Santos, La Purísima y San Ignacio fueron los sitios donde se registraron más individuos. El número de recorridos en los oasis dependió de la accesibilidad a los sitios de carrizal y tule, así como del tamaño de estos lugares (Tabla 7). Se estimó la abundancia como el número de aves registradas por hora, con un muestreo total de 28.38 h durante esta temporada parcial de invierno (Tabla 8).

Tabla IX. Número de transectos por localidad para el monitoreo de abundancia de *Geothlypis beldingi*, en los monitoreos de 1999 y 2020, respectivamente.

Localidad	Transectos	
	1999	2020
San Ignacio	13	2
La Purísima	1	2
San Bartolo	5	1
Santiago	4	2
San José del Cabo	4	2
Punta San Pedro	3	1
San Miguel de Comondú	-	1
San José de Comondú	-	1
El Chorro	-	1
San Juan Bautista	2	-
El Pilar	2	-
San Pedro de la Presa	2	-
Boca de la Sierra	3	-

De acuerdo con los resultados publicados por Rodríguez-Estrella *et. al* (1999) solo se registró la presencia de *Geothlypis beldingi* en cuatro de los nueve oasis visitados en 2020. Cabe señalar que los oasis de San Juan Bautista, El Pilar, San Pedro de la Presa y Boca de la Sierra no fueron considerados para este trabajo.

Comparativamente para 2020, San José del Cabo fue la localidad con mayor abundancia, seguido de Todos Santos, La Purísima y San Ignacio. El número de transectos se estableció

en relación con el tamaño de los oasis (Tabla 9). Se estimó la abundancia como el número de aves registradas por hora, y se comparó con los valores previos obtenidos por Rodríguez-Estrella *et al.* (1999) para la temporada de invierno (Tabla 10).

Tabla X. Comparación alocrónica de abundancia de *Geothlypis beldingi* por localidad en diferentes oasis de Baja California Sur (1999 versus 2020).

Localidad	Área (Km ²)	Abundancia (Aves/h)	
		Este estudio (2020)	Rodríguez-Estrella <i>et al.</i> (1999)
San Ignacio	2.69	7.2	1.99
La Purísima	2.25	7.75	2.0
San Bartolo	0.59	3.33	0
Santiago	1.47	11.42	0
San José del Cabo	1.37	13.73	3.5
Punta San Pedro	0.39	12.31	2.0
San Miguel de Comondú	0.88	7.61	-
San José de Comondú		8.5	-
El Chorro	1.76	3	-

Considerando los resultados de abundancia obtenidos y el número de sitios muestreados en ambos estudios, solo 6 de las 9 localidades visitadas en el 2020 coinciden con las del trabajo de Rodríguez-Estrella *et al.* (1999). La Purísima y San Isidro fueron considerados como una sola localidad para realizar esta comparación. Mientras que para 1999 solo se reportó la presencia de *Geothlypis beldingi* en cuatro de los diez sitios visitados para ese año, contrariamente a lo que ocurrió para el 2020 donde se reportó la presencia de la especie en todas las localidades visitadas.

Las localidades de Santiago y San Bartolo presentaron las mayores abundancias de *Geothlypis beldingi* siendo Santiago el sitio con mayor abundancia en comparación con San Bartolo (Tabla 10). A diferencia de este trabajo, en 1999 no se reportó la presencia de la especie en estas dos localidades.

Los resultados obtenidos de algunos de los oasis pudieran estar sobreestimados debido a que no se realizó el mismo número de transectos comparativamente entre 1999 y 2020. Inclusive, para San Bartolo solo se realizó un recorrido en comparación con Santiago donde

se hicieron más y el tiempo invertido fue distinto. En ambos sitios muestreados en 2020 sí se encontró a *G. beldingi*.

Tabla XI. Comparación de los oasis muestreados durante la temporada de invierno en 1999 y 2020. Para esta comparación se consideraron nueve oasis muestreados para el 2020, tomando en cuenta a La Purísima y San Isidro como una sola localidad.

	1999	2020
Número de oasis monitoreados	10	9
Número de oasis que coinciden	6	6
Número de sitios con presencia de <i>Geothlypis beldingi</i>	4	10
Número de sitios con ausencia de <i>Geothlypis beldingi</i>	6	0
Localidad con mayor abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i>	San José del Cabo	San José del Cabo
Localidad con menor abundancia de <i>Geothlypis beldingi</i>	San Ignacio	El Chorro

La presencia de la especie en los oasis de Santiago y San Bartolo refleja un resultado positivo para estos dos lugares. Por su parte, el oasis de San José del Cabo posee la población más abundante de la Mascarita Peninsular como lo demuestran los dos estudios ya referidos, seguido por Todos Santos, Santiago (solo 2020), La Purísima y San Ignacio, esto para las localidades con mayor superficie. Mientras que las localidades con una superficie pequeña, la mayor abundancia fue para San José de Comondú, seguido de San Isidro, San Miguel de Comondú, San Bartolo y el Chorro; representando a las poblaciones más pequeñas de la especie (Tabla 11).

El análisis de regresión lineal simple aplicado para determinar si el tamaño de la población de la especie en cuestión es dependiente del tamaño del humedal, indicó que ambas variables poseen una relación no significativa ($r^2 = 0.024$; $P = 0.69$) (Fig. 17).

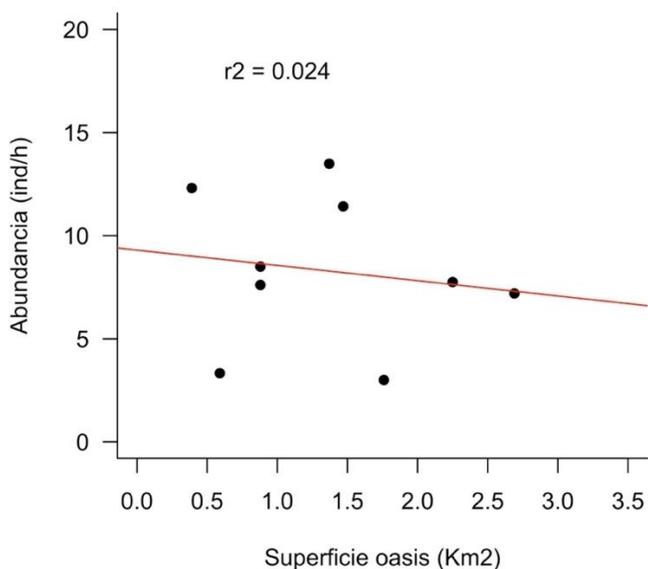


Figura 17. Relación entre la abundancia de *Geothlypis beldingi* y el tamaño de los oasis muestreados en su ámbito de distribución en Baja California Sur ($R^2 = 0.024$; $P = 0.69$).

7.3 Evaluación del grado de amenazas de los oasis

El análisis de correspondencias canónicas (CCA) mostró que la mayoría de los oasis-sitios están amenazados por las actividades humanas. El grado de amenaza varía entre localidades ya que unos están bajo mayor presión antropogénica que otros. El turismo está mayormente relacionado con la superficie del oasis y los poblados independientes (Fig. 18; Tabla 12). Esta actividad implica modificaciones importantes en la vegetación de carrizo y tule donde habita *G. beldingi*, siendo el Estero de San José el sitio con mayor impacto. Las actividades que implican la extracción de agua, agricultura, ganadería, incendios e introducción de especies exóticas está más relacionada con la población total, esto se da principalmente en San Ignacio, La Purísima y Santiago, donde el impacto de estas actividades es mayor en comparación a los otros sitios (Fig. 18; Tabla 12). Por otro lado, los sitios que tienen menor amenazas son Punta San Pedro y El Chorro.

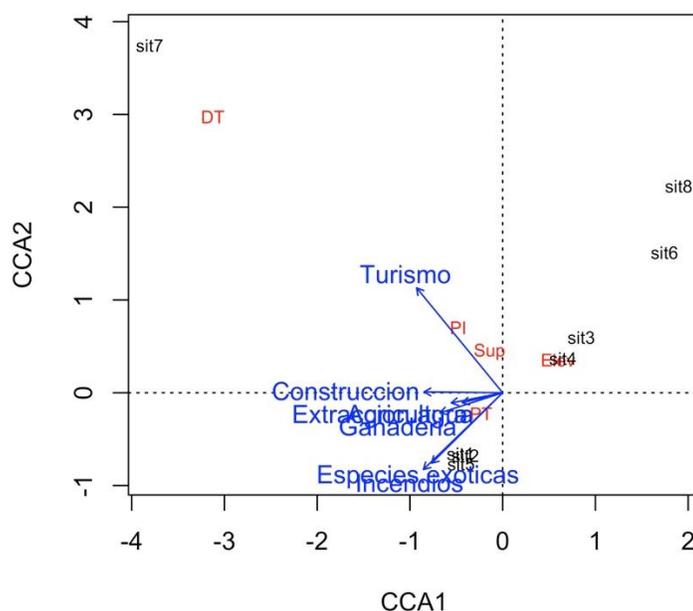


Figura 18. Biplot de CCA. Se muestra la relación entre las actividades humanas y los factores demográficos en los oasis. PI: poblados independientes, Sup: superficie oasis, PT: población total, DT: desarrollos turísticos y Elev: elevación. Sit1: San Ignacio, sit2: La Purísima, sit3: Comondú, sit4: San Bartolo, sit5: Santiago, sit 6: El Chorro, sit7: San José del Cabo y sit8: Punta San Pedro.

Tabla XII. Amenazas por actividades humanas en los oasis de Baja California Sur. Los valores asignados para el grado de amenaza de acuerdo con la actividad se hicieron en base a los trabajos previos realizados en estos lugares (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999; Navarro Pérez *et al.* 2020) y una actualización en función de información no publicada.

Localidad	Actividad humana						
	Turismo	Extracción de agua	Construcción	Incendios	Ganadería	Agricultura	Especies exóticas
San Ignacio	1	1	1	2	1	0	3
La Purísima	0.5	3	2	2	2	3	3
Comondú	1	2	2	2	2	2	3
San Bartolo	1	3	2	1	2	2	3
Santiago	1	4	3	3	3	3	3
El Chorro	1	1	0	0	0	0	1
San José del Cabo	4	4	4	2	3	3	3
Punta San Pedro	2	1	1	2	1	0	1

7.4 Vocalizaciones *Geothlypis beldingi*

De los diez oasis visitados para obtener las grabaciones de *Geothlypis beldingi*, solo en 4 sitios se detectaron individuos cantando durante los días de muestreo. Estos sitios fueron: San Ignacio, San Miguel de Comondú al norte; San Bartolo y Santiago al sur de BCS. Las condiciones ambientales para las grabaciones fueron adecuadas para la toma de muestras (cielo parcialmente despejado, sin viento y sin lluvia). Sin embargo, estas condiciones no se dieron para todos los sitios; en el oasis de Santiago se escuchó a un individuo cantar, pero no fue posible grabarlo porque las condiciones de fuertes vientos no lo permitieron (Tabla 13).

Tabla XIII. Grabaciones por localidad. Número de individuos de *Geothlypis beldingi* grabados por oasis visitado.

Localidad	Número de individuos	Número de grabaciones
San Bartolo	2	1 individuo
Santiago	1	0
San Miguel de Comondú	4	4 individuos
San Ignacio	1	1 individuo

7.4.1 Análisis cualitativos del canto de *Geothlypis beldingi* en oasis de BCS

Debido a que la temporada reproductiva apenas comenzaba, solo fue posible hacer grabaciones de seis individuos en tres oasis. Solo tres grabaciones resultaron satisfactorias para los análisis, además de otra obtenida vía plataforma de xeno-canto (<https://www.xeno-canto.org>) del 02 de junio de 2016. Se determinó que el canto de *Geothlypis beldingi* se compone principalmente por tres frases. No obstante, se observó en los espectrogramas un patrón similar de notas en los tres individuos analizados, además de identificar diferencias importantes en cuanto al número y tipo de notas presentes. De acuerdo con estas diferencias, se clasificaron las muestras como GB1, GB1a, GB2 y GB3 para las localidades de San Ignacio, San Miguel de Comondú y San Bartolo, respectivamente.

El canto del individuo GB1 (San Ignacio) se compone por tres frases y cada frase contiene cinco notas; las notas ‘a y b’ presentan un trazo que se observa como una ‘v’ invertida, la nota ‘c’ es una nota con trazo largo ascendente, mientras que las notas ‘d y e’ tienen un

trazo más largo en forma descendente (Fig. 18). El canto del individuo GB1a (San Ignacio) muestra el mismo patrón de notas que GB1, pero el número de notas que componen el canto de este individuo varía; además de que la duración varía también, es más corto el canto por la diferencia de notas.

En lo que respecta al canto de GB2 (San Miguel de Comondú), éste también contiene tres frases, pero a diferencia de GB1 solo presentó cuatro notas (Fig. 19). Las notas 'a, b, c y e' coinciden en ambos cantos; en cambio la nota 'd' de GB1 no está presente en ninguna de las frases de GB2. Es decir, aunque coinciden en el mismo número de frases, una nota (d) hace la pequeña diferencia entre los cantos de los individuos de San Ignacio y San Miguel de Comondú.

Por último, el canto de GB3 (San Bartolo) al igual que los anteriores, está conformado por tres frases. Sin embargo, hay una diferencia importante en el tipo y número de notas en las frases. Las dos primeras frases contienen cinco notas y difieren en dos tipos de notas en comparación a los otros individuos (Fig. 20). Por ejemplo, las notas 'd y e' son distintas a las de GB1, éstas notas presentan un trazo vertical (Fig. 20). Además, no están presentes en la última frase del canto, lo que implica que solo se componga de 3 notas la tercera frase de este individuo.

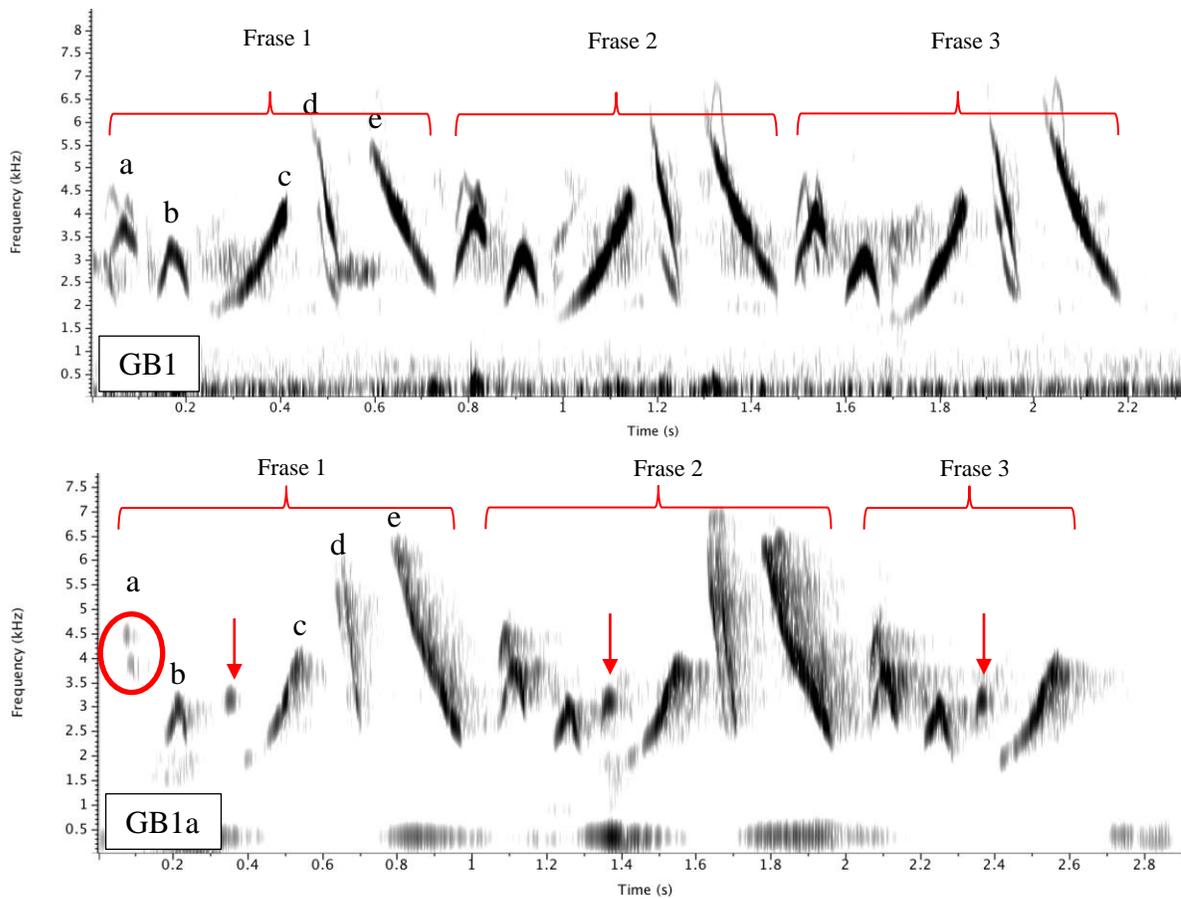


Figura 19. Espectrograma del canto de GB1 y GB1a. El individuo GB1 del oasis de San Ignacio mostró cinco notas y su canto se compone de tres frases; en cambio, el individuo GB1a mostró pequeñas variaciones en el número de notas en la última frase que es de menor duración. Además, la nota 'a' no es del todo visible al inicio del canto (círculo). Se puede observar notas adicionales que son vocalizaciones de otra especie de ave en el mismo sitio de la grabación (flechas).

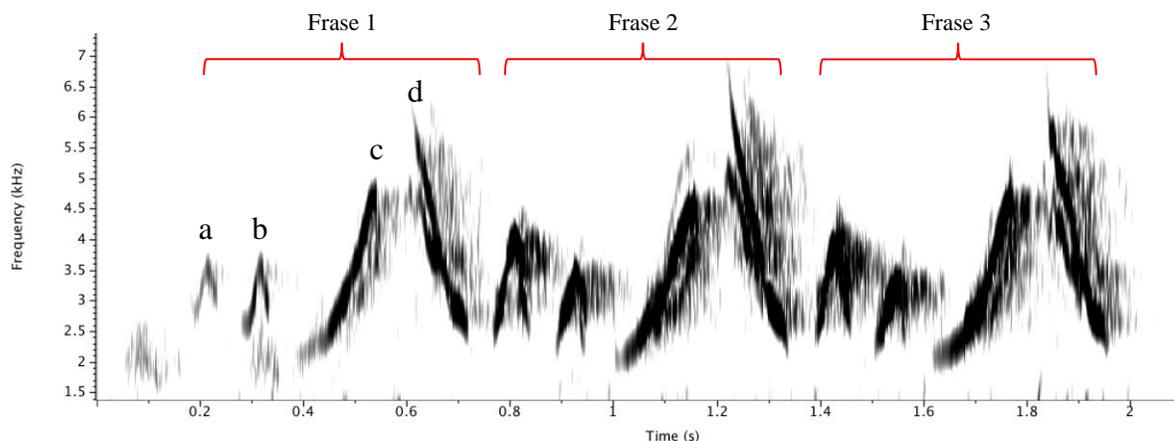


Figura 20. Espectrograma del canto de GB2. En el individuo de San Miguel de Comondú se observó una pequeña diferencia de una nota en comparación con el de San Ignacio, teniendo un total de cuatro notas por frase en el canto.

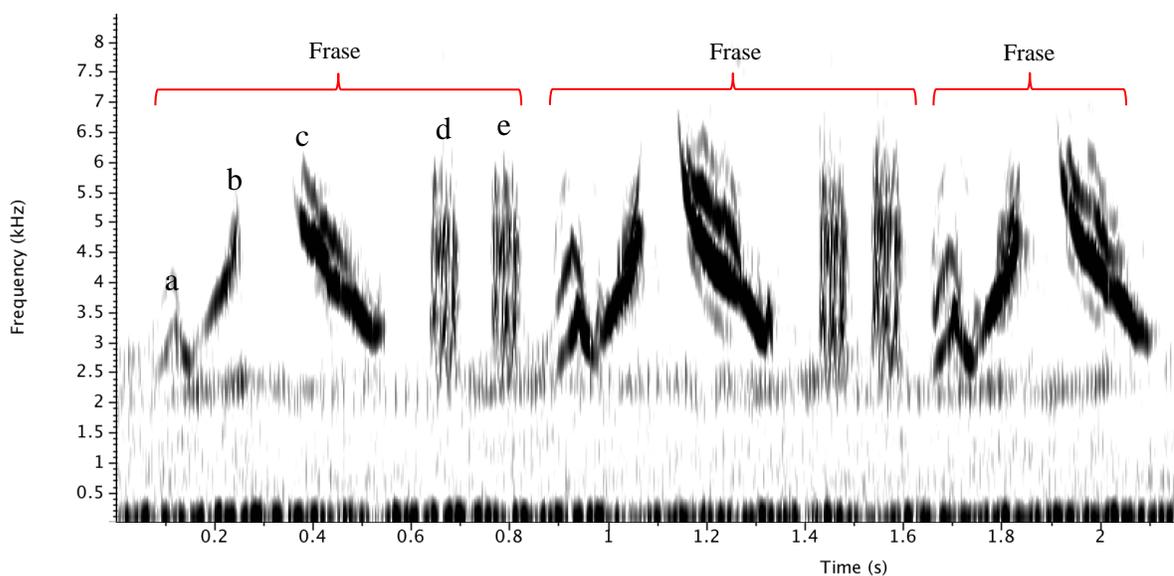


Figura 21. Espectrograma del canto de GB3. En el individuo de San Bartolo se identificaron cinco notas dentro de una frase. A pesar de contener tres frases éstas no están compuestas del mismo número de notas. La diferencia se nota en la última frase que solo se compone de tres notas.

8. DISCUSIÓN

Las particularidades de esta especie endémica peninsular como el tamaño de sus poblaciones, la escasa capacidad de dispersión y la especialización de hábitat en los oasis sudcalifornianos, la hacen muy susceptible a cambios poblacionales que en gran medida pueden estar influenciados por las actividades humanas (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999; Laiolo & Tella 2007; Herrera 2011). El poco conocimiento que se tiene sobre la ecología y biología de esta especie de hábitos palustres, ha generado un interés por conocer más al respecto. Se han realizado muy pocos estudios de la Mascarita Peninsular en temas de interés para determinar desde aspectos relevantes para su conservación como hasta taxonómicos para definir niveles de diferenciación específica o infraespecífica (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999; Munguia-Vega *et al.* 2011; Carmona *et al.* 2020). Uno de estos temas relevantes es la determinación de la diversidad de cantos de la especie, atributo que es desconocido hasta la fecha. Por lo que este trabajo es la primera aproximación acerca de este particular, lo que permitirá realizar más adelante mayores esfuerzos para su conservación con la información generada.

8.1 Distribución geográfica

Se corroboró a partir de los datos obtenidos de GBIF lo que ya se había establecido previamente, que la distribución de la *Geothlypis beldingi* se expresa en pequeños y aislados oasis a lo largo de Baja California Sur. Las poblaciones con más registros se concentran principalmente al sur del estado en los oasis de San José del Cabo, Santiago y Punta San Pedro. Aunque las poblaciones presentes en el norte son menores, San Ignacio y la Purísima representan a las poblaciones más grandes en esta región.

Dado que los ambientes en los que se encuentra *G. beldingi*, sus poblaciones están muy dispersas debido al arreglo espacial que tienen los oasis a lo largo del desierto y la separación existente de varios kilómetros de un sitio de otro, lo que hace que su distribución sea discontinua. Sumado a esto, la especie tiene una capacidad de dispersión limitada lo que la hace más vulnerable ante cualquier amenaza generada por las actividades humanas que se desarrollen en estos ambientes (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999). En este sentido, El Estero de San José alberga a la población más grande de la especie y es una de

las localidades que constantemente está bajo una fuerte presión por la creciente población humana, además por su ubicación es propenso a fenómenos naturales como ciclones a los que cada año está expuesto (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999; Erickson *et al.* 2008; Favela-Mesta 2018).

Por otro lado, los reportes en la base de datos GBIF de la presencia en los oasis fueron diferentes de acuerdo con la información recabada. La primavera fue la época del año con más registros en todas las localidades, de ahí le siguió el invierno, otoño y el verano. Las localidades con más reportes para todas las temporadas fueron San José del Cabo al sur y San Ignacio al norte. Aunque la mayoría de los registros se tienen para la región del Cabo, algunos de ellos se encuentran dispersos en algunas áreas desérticas cuya zona no presenta el hábitat adecuado para la especie y se desconoce la existencia de poblaciones reproductoras en estas áreas.

En la ciudad de La Paz se ha reportado la presencia de la especie pese a que existen muy pocos sitios que presenten el hábitat adecuado para la especie. Estos individuos serían considerados como vagabundos porque no se ha ubicado una población reproductora. Esto estaría relacionado con las sugerencias de Erickson *et al.* (2008) quienes refieren que pueden darse pequeños parches temporales de hábitat adecuado para la especie que le permite desplazarse a otros sitios donde ya hay poblaciones bien establecidas o en busca de nuevos lugares para colonizar.

Algunos autores refieren que la especie sí puede alejarse a más de 50 metros (Erickson *et al.* 2008), distancia a la que de acuerdo con Rodríguez-Estrella *et al.* (1999) no se alejan las aves de la vegetación del borde del cuerpo de agua, esto se observó durante la temporada de invierno. No obstante, los registros dados de varios kilómetros fuera del ámbito de influencias de los oasis no están del todo confirmado y existen dudas sobre la veracidad de algunos registros. Al examinar con más detalle los reportes, se observó que estos son realizados por personas que no conocen bien las áreas (la mayoría extranjeras), principalmente en la región del Cabo. En consecuencia, algunos registros referían a una

localidad diferente a la indicada por las coordenadas geográficas en el mapa, indicando así que el registro pertenecía a una localidad donde se sabe que existen poblaciones reproductoras. Esto ocurrió principalmente entre las localidades de Todos Santos, Punta San Pedro y Pescadero. En esta última localidad no se sabe que exista una población establecida por lo que pudiera tratarse de individuos vagabundos. Es posible que también se hayan hecho identificaciones incorrectas. Otros de los sitios fueron Cabo San Lucas, San José del Cabo y Miraflores, y se denotó que entre estos lugares se confundían fácilmente los nombres de los lugares por los observadores.

Además, algunas de las observaciones probablemente se traten de una confusión de especie, ya que si el observador no tiene la suficiente experiencia para hacer una correcta identificación puede fácilmente confundir a *Geothlypis beldingi* con *Geothlypis trichas*. El tipo de hábitat de estas observaciones sugieren que en algunos casos pudiera tratarse de una confusión de especies en simpatría, ya que *G. trichas* es una especie migratoria que tiene una amplitud del hábitat mayor que *G. beldingi* y que puede presentarse en zonas desérticas también en la península (Howell & Webb 1995).

Existen algunos registros que indican que la especie está en un ambiente desértico (i. e. Bahía Tortugas, Tinaja, Pescadero) por lo que las probabilidades de que *G. beldingi* colonice estas áreas son muy bajas. Es decir, *G. beldingi* es una especie altamente especialista con el tipo de hábitat en el que se desarrolla, su preferencia por la vegetación de tule y carrizo hace poco probable que se encuentre o se establezca una población reproductora en un ambiente distinto al que se le conoce (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999). Así como no existen registros de nuevos oasis colonizados por la especie, incluso oasis cercanos a otros donde sí hay poblaciones bien establecidas. Los eventos de vagancia a grandes distancias no garantizan que colonicen nuevos sitios, por lo general el número de estos reportes es pequeño por lo que la probabilidad de colonizar nuevas áreas es baja. De acuerdo con algunos autores los individuos vagabundos suelen ser juveniles, es decir, su falta de experiencia puede ocasionar que se desplacen de su sitio natal explorando nuevos sitios (Thorup *et al.* 2011; Lees & Gilroy 2014). No obstante, se necesitan realizar más

monitoreos en la parte norte donde los reportes son menores en las distintas temporadas de año.

Por otra parte, otro de los ambientes donde se reportó la presencia de *G. beldingi* fue en algunas áreas pobladas. Esto sugiere que dentro de estos lugares se encuentran pequeños cuerpos de agua artificiales que proporcionan las condiciones adecuadas para que se de carrizo y tule convirtiéndose en sitios adecuados para alimentación. Estos reportes en ambientes altamente antrópicos cerca de campos agrícolas y ciudades (San José de Cabo, Santiago) nos da un indicio de que la especie puede tener cierto grado de tolerancia a estos ambientes siempre y cuando la vegetación de carrizo y tule permanezcan en el lugar. Sin embargo, esto resulta preocupante ya que las actividades humanas pueden afectar drásticamente los tamaños poblacionales en algún momento dado.

8.2 Abundancia de *Geothlypis beldingi*

Los oasis con las poblaciones más abundantes para este estudio fueron San Ignacio, La Purísima, Punta San Pedro, Santiago y el Estero de San José. Este último sitio presentó la mayor abundancia de todas las localidades en Baja California Sur, corroborando así lo que observado previamente por otros autores: que este sitio alberga a la población más grande de todas (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999; Erickson *et al.* 2008; Palacios y Galindo 2011). Por otro lado, los resultados de Rodríguez-Estrella *et al.* (1999) fueron similares a los de este trabajo, reportando a los oasis de San Ignacio, La Purísima, el Estero de San José y Punta San Pedro como las poblaciones más abundantes durante su estudio.

La presencia de *G. beldingi* en el oasis de Santiago en este estudio nos indica un resultado favorable para esta población. Pese a que existen registros históricos de una población reproductora en este sitio (Brewster 1902), durante los muestreos de 1999 no fue posible ubicarla en la zona. La causa más probable de acuerdo con Rodríguez-Estrella *et al.* (1999) está relacionada con las actividades humanas; se observó que la laguna en la zona había sido drenada para dar lugar a actividades como la agricultura y la ganadería. Como consecuencia, estas modificaciones alteraron considerablemente la vegetación de carrizo

ocasionando que la especie fuera extirpada o abandonara la zona. A pesar de que fuera eliminada de este lugar, los resultados actuales sugieren que la especie puede desplazarse a sitios relativamente cercanos y recolonizar nuevamente estos lugares cuando las condiciones de hábitat son propicias para establecerse nuevamente en la zona. En años recientes, se ha dejado que el agua permanezca en el oasis, no se le ha drenado, con lo que el hábitat es adecuado nuevamente para la especie. Esta puede ser la causa probable de la recolonización del oasis por *G. beldingi* como se confirma en este estudio.

Por otro lado, la abundancia de *G. beldingi* en San Bartolo fue baja por tratarse de una pequeña población. En comparación con el trabajo de 1999, este año sí se reportó su presencia. Sin embargo, al igual que Santiago la zona está altamente perturbada por las actividades humanas, principalmente por la extracción de agua y el corte de carrizo para la construcción, modificando constantemente el hábitat de la Mascarita Peninsular.

Teniendo en cuenta que las mayores abundancias se presentaron en los oasis con mayor superficie, las poblaciones más pequeñas y alejadas unas de otras son las más frágiles (i.e. La Purísima, San José de Comondú, San Miguel de Comondú y El Chorro), puesto que su distribución es discontinua y la capacidad de movilidad es limitada. Además, se conoce que la especie es altamente especialista en el tipo de hábitat en el que se desarrolla (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999). En conjunto, todas estas particularidades la convierten en una especie muy vulnerable ante las actividades humanas por la gran presión que se genera en los oasis.

8.3 Amenazas

Las actividades humanas han afectado considerablemente la flora y fauna nativa de los oasis. Para los oasis que se concentran en la región del norte de Baja California Sur se detectaron que las amenazas más importantes en el sentido del impacto negativo que tiene sobre estos lugares son: la extracción de agua, incendios, agricultura, ganadería, corte de carrizo para la construcción de casas y la introducción de especies exóticas. Aunque se consideró para este trabajo el turismo como una actividad de amenaza, para esta región no tiene un impacto mayor en comparación a la que tiene en la región sur, donde existen más

desarrollos turísticos. Mientras que, para la región sur todas las amenazas anteriormente mencionadas tienen un impacto mayor en comparación a los del norte. El Chorro es el lugar con menor impacto en cuanto a las amenazas mencionadas, esto probablemente se deba a la lejanía y el poco desarrollo urbano que se tiene alrededor.

Una de las principales amenazas que se detectaron para estos humedales en la región del Cabo fue el turismo (Estero de San José). Esta actividad afecta considerablemente la población de *G. beldingi* establecida en la zona. Constantemente la zona de carrizal es modificada para dar una mejor vista a los turistas y abrir nuevas áreas de recreación. Otra de las actividades con un alto grado de amenaza es el corte de carrizo, que es un recurso empleado principalmente para la construcción de casas (San Bartolo). Sin embargo, la extracción del recurso hídrico es una de las actividades que mayor impacto tendría sobre las poblaciones, como parece demostrarlo lo que sucedió en años anteriores en Santiago (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999). La falta de este recurso ocasionaría la pérdida de vegetación (carrizo y tule), alimento y refugio que las aves encuentran en estas plantas, y por ende las poblaciones declinarían drásticamente hasta desaparecer del lugar.

Por último, no hubo relación significativa entre la abundancia de *Geothlypis beldingi* y el tamaño de los oasis. Este resultado podría deberse a que se consideró la superficie total del lugar sin considerar solo el hábitat adecuado en el que las aves se encuentran dentro de estos humedales, que es la zona de carrizo y tule. Por lo que se sugiere que solo se tome en consideración el área de vegetación litoral emergente en estudios posteriores. Del mismo modo, Carmona *et al.* (2020) sugieren que las mediciones de abundancia (aves/h) reportadas por Birdlife International (2016) sean actualizadas y mejoradas debido que los datos dados por esta organización se extrapolan al área total de los oasis como si se tratara de un descriptor de densidad, lo cual no es correcto.

8.4 Variación del canto de *Geothlypis beldingi* en oasis de Baja California Sur

El aislamiento de una población de aves puede ser un factor que afecte las comunicaciones entre las poblaciones de aves de una región, lo cual puede generar variaciones geográficas

dentro de sus repertorios de vocalizaciones (Laiolo y Tella 2007; Bolus 2014). Además, el tamaño de la población y la movilidad de las aves entre sitios puede influir en estas variaciones ya que al no existir desplazamientos continuos de individuos entre sitios la variedad de cantos dentro del repertorio puede cambiar (Kroodsma 1988). Es decir, hay más probabilidad de que puedan surgir más variedad de cantos dentro del repertorio en poblaciones más grandes que en las pequeñas debido a que éstas tienen más adultos machos que alimentan esta diversidad de cantos (Lynch 1996; Laiolo y Tella 2007).

El canto de *Geothlypis beldingi* mostró una estructura simple, que se compone por una serie de frases repetitivas. A pesar de la simplicidad del canto de esta especie, no se conoce nada sobre este tema en particular, siendo así, el primer trabajo realizado sobre el tema en los oasis de Baja California Sur. De las diez poblaciones muestreadas solo fue posible obtener grabaciones del canto de tres sitios. No obstante, aunque nuestro número de muestras fue pequeño se pudo hacer un análisis cualitativo y se observó que existen variaciones importantes en el número y tipo de notas.

Aunque hay que ser cautos con lo encontrado por el número de muestras analizadas, esta variación podría indicar la existencia de un posible aislamiento geográfico de las poblaciones del norte y sur, y que probablemente esté expresada en una variación genética a nivel de infraespecie que está relacionada con la composición del canto. Gallo-Corona (2008) sugiere que la pérdida de notas dentro del canto puede ser a consecuencia del proceso de especiación por las restricciones que las poblaciones pudieron tener durante estos eventos ocasionando la pérdida de algunos genes relacionados a la codificación de estas notas ausentes.

Esta variación de ausencia de notas se observó entre los individuos del oasis de San Ignacio, indicando que como se esperaría puede haber variaciones en el canto dentro de una misma población (Marler & Tamura 1962). No obstante, se debe tomar en cuenta que la variación en la nota 'a' posiblemente se deba a la calidad de audio. Es decir, la procedencia de este material fue de una plataforma digital en donde el material disponible es editado

para eliminar el ruido ambiental lo que puede originar pérdida de información como algunas notas. Esto puede verse en la nota 'a', pareciera que está incompleta (Fig. 18). Sin embargo, la variación de estas dos aves se denota en las notas 'd y e' de la tercera frase presente en el primer individuo (GB1), las cuales no están presentes en el segundo individuo (GB1a). De modo que esto no debe ser tomado como un resultado concluyente porque el tamaño de nuestra muestra es demasiado pequeño ($n = 2$).

Existen algunos estudios donde se ha observado que las variaciones entre individuos de una misma población pueden darse debido al aprendizaje del canto, es decir, cuando un individuo está aprendiendo a vocalizar puede haber pequeñas variaciones en el proceso de aprendizaje lo que alimenta la diversidad de cantos dentro de una población y que puede identificar a cada individuo de esta (Catchpole & Slater 2008).

San Miguel de Comondú presentó variación de sólo una nota en todas sus frases. La ausencia de esta nota fue notoria ya que solo presentó cuatro notas en todas sus frases en comparación a las otras localidades donde se presentaron cinco notas. En cambio, la variación entre las localidades San Ignacio y San Bartolo estuvo presente en la última frase donde la ausencia de dos notas fue clara. Esta pérdida de notas en el canto de *Geothlypis beldingi* puede estar relacionada con una divergencia genética generada por un posible efecto de aislamiento (Gallo -Corona 2008; Aplin 2018). Este efecto se ha demostrado en poblaciones aisladas las cuales muestran variaciones por un posible efecto fundador, donde la complejidad y diversidad de los cantos es reducida entre poblaciones. Asimismo, los factores como la conectividad entre sitios, distribución espacial y tamaño poblacional influyen en la evolución cultural en el aprendizaje del canto (Parker *et al.* 2012; Aplin 2018).

Por otro lado, la variación en el tipo de nota fue más notoria entre San Ignacio y San Bartolo, mientras que San Miguel de Comondú solo se aprecia la pérdida de notas en el canto. El patrón de notas fue similar en los individuos de la región norte (San Ignacio y San Miguel de Comondú). La diferencia observada entre una localidad ubicada al norte (San

Ignacio) y otra al sur (San Bartolo) se da en las notas ‘d y e’ y nos indican una importante diferencia geográfica entre las poblaciones separadas por cientos de kilómetros. De acuerdo con Bolus (2014) esto puede ser resultado de una posible historia evolutiva distinta para estas poblaciones. Dicha variación en los cantos pudiera tratarse de una expansión gradual del ámbito de distribución y la separación de subespecies (Escalante *et al.* 2009; Bolus 2014).

Desafortunadamente no fue posible obtener más datos en campo para realizar un análisis más detallado de los cantos de *G. beldingi* en los oasis. Aunque los resultados preliminares obtenidos en este trabajo son prometedores se sugiere continuar esta línea de investigación. Además, estos resultados no deben tomarse como algo concluyente debido a que es necesario un mayor número de muestras para un mejor análisis.

8.5 Implicaciones para la conservación

8.5.1 Amenazas

Para generar una adecuada estrategia de conservación para los oasis en Baja California Sur tiene que considerarse principalmente que cada oasis es único, por lo que es difícil encontrar una estrategia de conservación en general para la especie en cuanto al tamaño de la población. Existen varias alternativas para crear estrategias de conservación, una de ellas es priorizar los sitios que albergan a las poblaciones más grandes, sin embargo, al no existir una relación entre la abundancia y el tamaño del oasis esta estrategia no podría aplicarse. Otra alternativa sería considerar los oasis que tengan un mayor grado de conectividad entre sitios, estos sitios tendrían la prioridad para su conservación. Además, se puede considerar como otra alternativa proteger a los oasis que tengan poblaciones que estén más diferenciadas genéticamente. Y que lo estén por su diversidad de cantos también. Para tomar en cuenta este criterio se recomienda realizar estudios a nivel genético y del repertorio de vocalizaciones en los cantos de todas las poblaciones bien establecidas en los oasis de Baja California Sur.

8.5.2 Cantos

El estudio de los sonidos en la naturaleza a diferentes escalas espaciales y temporales se ha simplificado gracias a las nuevas herramientas tecnológicas que se han desarrollado en el área de bioacústica. Los diferentes métodos enfocados en el análisis de los repertorios de vocalizaciones de aves han permitido entender con más claridad la composición de especies dentro de un ecosistema. Además, ha permitido entender como eventos estocásticos ambientales y antropogénicos influyen en las comunicaciones entre poblaciones de una misma especie. Esto ayuda a complementar las investigaciones para el monitoreo de especies que están en riesgo, redoblando esfuerzos para hacer estimaciones poblacionales e identificar qué áreas son prioritarias para la conservación (Baptista & Gaunt 1994; Rajan *et al.* 2019).

El estudio de las vocalizaciones es un método no invasivo y de poco impacto. Los cantos de las aves pueden proporcionar mucha información importante para diferentes propósitos en la investigación que pueden ser útil para programas de conservación. La diferenciación de vocalizaciones entre diferentes individuos puede ser de gran ayuda para censos poblacionales (Terry *et al.* 2005; Lewis *et al.* 2020). Además, se pueden detectar la presencia o ausencia de especies, identificar hábitats preferidos de una especie en particular, detección de juveniles y detección de depredadores a partir de los llamados de alarma (Teixeira *et al.* 2019; Lewis *et al.* 2020).

9. CONCLUSIÓN

Existen poblaciones abundantes de la especie endémica *Geothlypis beldingi* en algunos de los oasis de Baja California Sur, pero en la mayoría el tamaño de sus poblaciones parece reducido.

La abundancia de las poblaciones de cada oasis parece ser independiente al tamaño del oasis.

Las amenazas a las que están expuestas las poblaciones de *Geothlypis beldingi* en los oasis de Baja California Sur ponen en alto riesgo a la especie. Las actividades humanas relacionadas al turismo, construcción y extracción de agua son las que tienen un mayor impacto en las poblaciones de esta ave endémica, debido a la constante modificación de la vegetación asociada a su hábitat. Es por ello, la necesidad urgente de implementar acciones para mitigar los impactos que generan dichas actividades. También se deben reforzar los esfuerzos para la conservación de la especie y proteger los oasis en toda su extensión.

Las diferencias encontradas en el número y tipo de notas en individuos de tres de las poblaciones estudiadas indican que hay variaciones geográficas entre las poblaciones del norte y sur. Además, estos resultados sugieren que podría existir una variación genética. Por tanto, es necesario realizar más trabajos que se complementen con un mayor número de datos para así tener un resultado más confiable. Algunos de los enfoques que se sugieren son desde el punto de vista genético asociado a los cantos.

10. LITERATURA CITADA

Aplin, L. M. 2018. Culture and cultural evolution in birds: a review of the evidence, *Animal Behaviour*. 1-9 p.

Arriaga, L. y R., Rodríguez-Estrella (Eds). 1997. Los oasis de la Península de Baja California. La Paz, B.C.S., México: Publicación no. 13, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Arriaga, L., S. Díaz, R. Domínguez y J. L. León. 1997. Composición Florística y Vegetación. En Los oasis de la Península de Baja California. La Paz, B.C.S., México: Publicación no. 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 66-79 pp.

Axelrod, D. I. 1979. Age and origin of the Sonoran Desert Vegetation. *Ocasional Papers California Academy of Science* 132: 1-74.

Baptista, L. F. & S. L. L., Gaunt. 1994. Advances in studies of avian sound communication. *Condor* 96:817-830.

Baptista, L. F. y J. E., Martínez Gómez. 2002. La investigación bioacústica de las aves del Archipiélago de Revillagigedo: un reporte de avance. *Huitzil* 3 (2): 33-41

Barrington, D. 1773. Experiments and observations on the singing of birds. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 63, 249–91.

Berlanga, H., V. Rodríguez-Contreras, A. Oliveras de Ita, M. Escobar, L. Rodríguez, J. Vieyra, V. Vargas. 2008. Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO (<http://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html>).

Birdlife international. 2016. Species factsheet: *Geothlypis beldingi*, in the IUCN Red list of Threatened Species 2016; www.iucnredlist.org/species/22721839/118502506.

BirdLife International. 2020. Important Bird Areas factsheet: Oasis Punta San Pedro-Todos Santos. <http://www.birdlife.org>

Bolus, R.T. 2014. Geographic variation in songs of the common Yellowthroat. *American Ornithological Society. The Auk*, 131(2): 175-185.

Borrer, D. J. 1987. Song in the white-eyed vireo. *Wilson Bull.*, 99, 377–97.

Burger, A. E., Williams A. J. and J. C. Sinclair. 1980. Vagrants and the paucity of land bird species at the Prince Edward Islands. *Journal of Biogeography* 7: 305-310.

Brewster, W. 1902. Birds of the Cape region of lower Baja California. *Bulletin Museum of Comparative Zoology* 41: 1-241.

- Byers, B. E. 2015. Migration and song elaboration in wood-warblers (*Geothlypis*). *The Auk: Ornithological Advances*, Vol. 132:167–179. DOI: 10.1642/AUK-14-64.1
- Carmona, R., G. Brabata, A. Cuéllar Brito y A. González-Peralta. 2003. Observaciones recientes de aves en el oasis de La Purísima, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 74(1): 43-52 pp.
- Carmona, R., G. Brabata, A. Cuéllar Brito, A. González Peralta. Observaciones recientes de aves en el oasis de La Purísima, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*, vol. 74, núm. 1. 43-52 pp.
- Carmona, R., G. Marrón, S. Águila, A. Rivas, S. Flores Ramírez & H. Reyes Bonilla. 2020. Population assessment of Belding's Yellowthroat (*Geothlypis beldingi*) at San Ignacio oasis, Baja California Sur, Mexico. *Western Birds*, 51 (1): 38-46.
- Catchpole C. K. & P. J. B. Slater. 2008. *Bird Song: Biological Themes and Variations*. Cambridge University Press. United Kingdom. 256 pp.
- Charif R.A., A. M. Waack and L. M. Strickman. 2010. *Raven Pro 1.4 User's Manual*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY.
- Erickson, R., R., Hamilton & S., Mlodinow. 2008. Status review of Belding's Yellowthroat *Geothlypis beldingi*, and implications for its conservation. *Bird Conservation Internacional*, 18(3), 219-228.
- Escalante, P., L. Márquez-Valdelamar, P. de la Torre, J. Laclette, and J. Klicka. 2009. Evolutionary history of a prominent North American warbler clade: The *Oporornis*–*Geothlypis* complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53:668–678.
- Favela Mesta, J. 2018. Distribución de Especies en Riesgo del Género *Geothlypis* en México. Tesis (Maestría en Ciencias). Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 48-77 p.
- Gammon D. E. & M. C. Baker. 2004. Song repertoire evolution and acoustic divergence in a population of black-capped chickadees, *Poecile atricapillus*. *Animal Behaviour*. *Animal Behaviour*, Vol: 68, 903-913, ISSN: 0003-3472.
- Gallo Corona S. F. 2008. Variación geográfica en los llamados de *Salpinctes obsoletus* (AVES: Troglodytidae) de Isla Guadalupe, México. Tesis (Maestría en Ciencias). Ensenada, Baja California. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 33-38 p.

Garshelis, D. 2000. Delusions in Habitat Evaluation: Measuring Use, Selection, and Importance. In Pearl M., Boitani L., & Fuller T. (Eds.), *Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences*. Columbia University Press., 111-164 pp.

Gill F., D. Donsker & P. Rasmussen (Eds). 2020. IOC World Bird List (v 10.2). doi: 10.14344/IOC.ML.10.2.

Grinnell, J. 1928. A distributional summation of the ornithology of Lower California. Berkeley, CA. University of California Press. Vol. 32, no. 1.

Grismer, L. L. & J. A., McGuire. 1993. The oases of Central California, Mexico. Part I. A preliminary account of the relict mesophilic herpetofauna and the status of the oases. *Bulletin of Southern California Academy of Science*, 92:2-24.

Herrera J. M. 2011. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas* 20(2-3):21-34.

Howell, S. N. G. & S. Webb. 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. 851 pp.

IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2020-2. <http://www.iucnredlist.org>, Última consulta: 18 junio de 2020.

Kroodsma D. E. 1988. Learning and the ontogeny of sound signals in birds. In: Bolles RL and Beecher MD (Eds). *Evolution and learning*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. p. 1–23.

Laiolo, P., A. Arroyo-Solis. 2011. La fragmentación del hábitat como determinante de la diferenciación de los sistemas de comunicación animal. *Ecosistemas* 20 (2): 46-53.

Laiolo, P. y J.L., Tella. 2005. Habitat fragmentation affects culture transmission: patterns of song matching in Dupont's lark. *J Appl Ecol* 42: 1183–1193.

Laiolo, P., J.L., Tella. 2007a. Erosion of animal cultures in fragmented landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(2): 68-72.

Laiolo, P., Tella, J.L. 2007b. Vocal diversity patterns – Reply. *Frontiers in Ecology and Environment* 8:406-407.

Lang, A. L. & J. C., Barlow. 1997. Cultural evolution in the Eurasian tree sparrow: divergence between introduced and ancestral populations. *Condor*, 99, 413–23.

Lees A. C. & Gilroy, J. J. 2014. Vagrancy fails to predict colonization of oceanic islands. *Global Ecology and Biogeography* 23: 405–413.

- Lewis, R. N., L. J. Williams and R. T. Gilman. 2020. The uses and implications of avian vocalizations for conservation. *Conservation Biology*. Volume 00, No. 0, 1-14.
- Lynch A. 1996. The population memetics of birdsong. In: Kroodsma, D. E. and Miller E. H. (Eds). *Ecology and evolution of acoustic communication in birds*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Marler, P., y M. Tamura. 1962. Song “dialects” in three populations of White-crowned Sparrows. *Condor* 64:368-377.
- Marler, P. & Tamura, M. 1964. Culturally transmitted patterns of vocal behavior in sparrows. *Science*, 146 (3650), 1483–1486.
- Maya, Y., R. Coria y R. Domínguez. 1997. Caracterización de los oasis. En L. Arriaga & R. Rodríguez-Estrella (eds), *Los oasis de la península de Baja California*. Publicación no. 13, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México
- Morton, E. S. (1975). Ecological sources of selection on avian sounds. *American Naturalist* 109:17–34.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot and W. Mannan. 2006 (3rd ed). *Wildlife-habitat relationships: Concepts and applications*. Island Press, Washington, Covelo London.
- Munguía-Vega, A. 2011. *Habitat Fragmentation in Small Vertebrates from the Sonoran Desert in Baja California*. Thesis (Doctor in Natural Resources). United State, AZ. The University Arizona, USA. 33:17-63 pp.
- Munguia-Vega, A., R. Rodríguez-Estrella, G. Blanco & P. Laiolo. 2011. Microsatellite loci for assessing genetic diversity and population structure of the endemic Belding’s Yellowthroat *Geothlypis beldingi* from the Baja California Peninsula. *Conservation Genet Resourc*, 3:433-435.
- Navarro-Sigüenza, A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. Townsend Peterson, H. Berlanga-García y L. A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S476-S495.
- Oberholser H. C. 1917. A new subspecies of *Geothlypis Beldingi*. *The Condor* Vol. XIX, 183-184 p.
- Palacios, E., y D. Galindo-Espinosa. 2011. Plan de acción para la conservación del Mascarita Peninsular (*Geothlypis beldingi*) y sus hábitats en Baja California Sur, México. Versión 1. Informe no publicado. Pronatura Noroeste, A.C., y Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (Unidad La Paz). La Paz, Baja California Sur. 14 pp.

Pérez Navarro, J.J., R. Rodríguez-Estrella & A. González-Abraham. 2019. Human activity and geographical factors influence vegetation and plant richness in vanishing oases of Baja California Peninsula. *Natural Areas Journal* 39(4):409-419.

Pitocchelli, J., Guerra, D. & Kender, J. 2018. Macrogeographic variation in song of the MacGillivray's Warbler (*Geothlypis tolmiei*). *The Wilson Journal of Ornithology* 130(3):716–729

Podos, J., and P. S. Warren (2007). The evolution of geographic variation in birdsong. *Advances in the Study of Behavior* 37: 403–458.

Oberholser H. C. 1917. A new subspecies of *Geothlypis beldingi*. *The Condor* 13: 183-184 p.

Oksanen J., F. Guillaume Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlinn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. Henry H. Stevens, E. Szoecs and H. Wagner. 2019. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

R Core Team. 2019. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rajan, S.C., Athira, K., Jaishanker, R. et al. 2019. *Biodivers Conservation*. 28:2371.

Riemann, H., E. Ezcurra. 2005. Plant endemism and natural protected areas in the peninsula of Baja California, Mexico. *Biological Conservation* 122: 141–150.

Riemann, H. & E. Ezcurra. 2007. Endemic regions of the vascular flora of the peninsula of Baja California, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 18: 327-336, 2007

Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio & E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residentes e invernantes. En *Los oasis de la Península de Baja California* (eds). La Paz, Baja California Sur, Mexico: Publ. 13, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 157–195 pp.

Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio Delgado, E. Pineda Diez de Bonilla & G. Blanco. 1999. Belding's Yellowthroat: current status, habitat preferences and threats in oases of Baja California, Mexico. *Animal Conservation* 2(2):77-84

Rodríguez-Estrella, R., M. Cariño y C. Aceves. 2004. Problemática Ambiental. En: *Los oasis de Baja California Sur: importancia y conservación*. CIBNOR, UABCS, SEMARNAT, La Paz, México. Pp. 118-120.

Rodríguez-Estrella, R., M.C. Blázquez, and J.M. Lobato. 2005. Avian communities of arroyos and desert oases in Baja California Sur: Implications for conservation. Pp. 334-353 in J.-L.E. Cartron, G. Ceballos, and R.S. Felger, eds., *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Ruiz-Campos, G. 2004. First specimen of the Neotropic Cormorant from the Baja California península, Mexico. *Western Birds*, 35: 93-96.

Ruiz-Campos, G. A. Andreu-Soler, M. R. Vidal-Abarca Gutiérrez, J. Delgadillo-Rodríguez, M. L. Suarez Alonso, C. González-Abraham y V. Hugo Luja. 2014. Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur, México. 195 pp.

Searcy W. A. 1992. Song repertoire and mate choice in birds. *American Zoologist* 32:71–80.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

Shiba Reyes Y. M. 2019. Efectos de ciclones tropicales sobre la cubierta vegetal de la cuenca baja y Estero de San José del Cabo, B.C.S., México. Tesis (Maestría en ciencias). Baja California Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 12-14 pp.

Teixeira D., M. Maron, B. J. Rensburg. 2019. Bioacoustic monitoring of animal vocal behavior for conservation. *Conservation Science and Practice* 1:e72.

Tella J. L., M. Vögeli, D. Serrano, and M. Carrete. 2005. Current status of the endangered Dupont's lark in Spain: overestimation, decline, and extinction of local populations. *Oryx* 39: 90–94.

Terry A, Peake T, McGregor P. 2005. The role of vocal individuality in conservation. *Frontiers in Zoology* 2:10.

Thorup, K., T. E. Ortvad, J. Rabol, R. A. Holland, A. P. Tottrup & M. Wikelski. 2011. Juvenile songbirds compensate for displacement to oceanic islands during autumn migration. *Plos One*, 6, e17903.

Thorpe, W. H. 1954. The process of song learning in the chaffinch as studied by means of the sound spectrograph. *Nature*, 173, 465.

Wilbur, S. R., 1987. *Birds of Baja California*. University of California Press, Berkeley, California.

Zakeri, M. 2017. Automatic bird species identification employing and unsupervised discovery of vocalizations units. Thesis (Doctor of Philosophy). The University of Birmingham. 256: 9-20 pp.