



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

Propuesta de manejo para la conservación de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) en Ensenada, Baja California, México

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS
ÁRIDAS

Presenta

JUDITH TEODORA PAMPA RAMIREZ

Ensenada, Baja California, México

agosto de 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

Propuesta de manejo para la conservación de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) en Ensenada, Baja California, México

TESIS

que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS
ÁRIDAS

presenta

JUDITH TEODORA PAMPA RAMIREZ

aprobada por

Dr. Gorgonio Ruiz Campos
(Director)

Dra. Anny Peralta García
(Codirectora)

Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera
(Sinodal)

Ensenada, Baja California, México

agosto de 2021

“Islas y serpientes son dos palabras
que evocan una poderosa sensación de
descubrimiento y aventura”

Kate Sanders

Dedicada a todas aquellas mentes
multidisciplinarias innatas; a veces incomprendidas



A la Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias, por la aceptación en el programa de Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca de manutención otorgada para realizar la maestría.

A mi Comité de Tesis: Dra. Anny Peralta García, Dr. Gorgonio Ruiz Campos, Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera. Mi más sincero agradecimiento por formar parte de este trabajo.

A las Asociaciones Civiles Conservación de Fauna del Noroeste y Grupo de Ecología y Conservación de Islas por el invaluable apoyo brindado para la realización del trabajo de campo ya que sin su colaboración no se hubiera realizado.

A la Nueva Generación de Investigadores del Desierto Sonorense (N-Gen) y la Sociedad Herpetológica Mexicana por las becas otorgadas.

A JiJi Foundation por el apoyo financiero otorgado para la realización del Método de Evaluación del Riesgo de la especie *Lampropeltis herrerae*.

Al San Diego Natural History Museum y al U. S. Geological Survey por el préstamo de radio transmisores.

A la Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Secretaría de Gobernación por brindar los permisos requeridos para realizar esta investigación.

Al M. C. Jorge Valdez Villavicencio por su invaluable ayuda con el trabajo de campo.

A los voluntarios que me acompañaron en el trabajo de campo: Fernanda Manríquez, Jesús García, María José Vázquez, Zhenia Sainz, Selene González y Estefanía León.

A todos y cada uno de mis profesores en la maestría; a mis compañeros y amigos del grupo MEZA 2018-2020.

Un agradecimiento especial a todas aquellas personas que de forma directa o indirecta ayudaron a la realización del presente trabajo.

A mi compañero de vida Jesús Miguel Corrales Saucedo, gracias por ser y estar.

La serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) es una especie endémica de la Isla Todos Santos Sur en Ensenada, Baja California, México. La población de esta especie insular ha sido objeto de diferentes presiones como la extracción ilegal y la presencia de gatos exóticos en su hábitat. Se sabe poco de ella y se desconoce su estado de conservación actual. Actualmente, el hábitat de la serpiente forma parte de un Área Natural Protegida (ANP). Para obtener información sobre su ecología, el hábitat y las amenazas que enfrenta se realizaron seis expediciones a la Isla Sur durante el periodo de mayo a octubre de 2019. Se encontró una abundancia relativa de 0.04 serpientes/hora y una densidad de ocho individuos por 2.3 ha dentro de 4.9 ha que representan el área de distribución estimada. Se encontró que el hábitat idóneo para el desarrollo de la especie incluye los lomeríos y las planicies ubicadas en la parte noreste de la isla; donde las zonas rocosas y cubiertas de vegetación nativa sirven de refugio para la serpiente. Las principales amenazas registradas para la serpiente y su hábitat fueron las plantas exóticas, las trampas ilegales abandonadas y los disturbios causados por los visitantes y usuarios de la isla. Toda la información recabada se utilizó para desarrollar una propuesta de manejo para la conservación de la especie que incluye la propuesta de su inclusión en la lista de especies en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT bajo la categoría En peligro de extinción (P). Así mismo se ofrece una lista de las principales amenazas, sus fuentes y estrategias de mitigación que contemplan a los componentes de los subprogramas de manejo de las ANP. Este trabajo representa la primera contribución al manejo de esta especie endémica insular y con incidencia en las políticas públicas de conservación.

Palabras clave: serpientes, islas, conservación, hábitat, amenazas.

INTRODUCCIÓN	1
MARCO DE REFERENCIA	4
Serpientes en islas	4
Amenazas	4
Conservación	5
Metodologías de manejo para la conservación	7
Normatividad en México	8
ANTECEDENTES	10
Islas del Pacífico de la Península de Baja California: las Islas Todos Santos	10
La serpiente rey	14
Estatus taxonómico	14
Distribución, hábitat e historia natural	16
Amenazas y conservación	17
OBJETIVOS	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
METODOLOGÍA	20
Área de estudio	20
Trabajo de campo	25
Análisis cuantitativo y estadístico de datos de campo	28
Obtención de datos biométricos y bionómicos de la serpiente	30
Telemetría	30
Distribución espacial y análisis estadístico de datos del hábitat asociado	31
Evaluación del hábitat y análisis de amenazas	32
Descripción del hábitat y fuentes de disturbio	32
Evaluación de impactos-amenazas	33
Método de Evaluación de Riesgo	35
RESULTADOS	36
Trabajo de campo	36
Análisis cuantitativo y estadístico de datos de campo	36
Datos biométricos y bionómicos de la serpiente	42
Telemetría	45
Distribución espacial y análisis estadístico de datos del hábitat asociado	47
Evaluación del hábitat y análisis de amenazas	49
Descripción del hábitat y fuentes de disturbio	49
Evaluación de impactos-amenazas	56
Método de evaluación de riesgo	58
Propuesta de manejo	58
DISCUSIÓN	64
Ecología y estado de conservación de la especie	64
Evaluación del hábitat y amenazas	66
Estrategias para la conservación de la serpiente y su hábitat	69

CONCLUSIONES	71vi
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	81

Tabla 1. Calendario de visitas a la Isla Todos Santos Sur durante el año 2019.....	26
Tabla 2. Escala van der Maarel de cobertura y densidad vegetal.	32
Tabla 3. Resultados del esfuerzo de muestreo de mayo a octubre de 2019 y la abundancia relativa de <i>Lampropeltis herrerae</i> en la Isla Todos Santos Sur.....	38
Tabla 4. Información biométrica y bionómica de los ejemplares encontrados de <i>Lampropeltis herrerae</i> en la Isla Todos Santos Sur durante el muestreo realizado de mayo a octubre de 2019.	43
Tabla 5. Características físicas del hábitat de <i>Lampropeltis herrerae</i> en cuadrantes de 1 m ² (1 x 1 m) en Isla Todos Santos Sur durante el muestreo de mayo a octubre de 2019.....	50
Tabla 6. Listado florístico del hábitat donde se detectó a <i>Lampropeltis herrerae</i> . El muestreo de las parcelas de 100 m ² (10 x 10 m) se realizó durante la última visita a la Isla Todos Santos Sur (octubre de 2019). El valor de la cobertura se presenta de acuerdo con la escala van der Maarel (1979).	53
Tabla 7. Tipo y grado de perturbación encontrados en el hábitat de <i>Lampropeltis herrerae</i> durante el último muestreo, octubre de 2019, en la Isla Todos Santos Sur.	55
Tabla 8. Evaluación de impactos y amenazas encontrados en la Isla Todos Santos Sur durante el muestreo de mayo a octubre de 2019.....	57
Tabla 9. Información requerida sobre la biología y ecología de la especie con base en el modelo propuesto por Jenkins et al. (2009) para la conservación de serpientes y los principios generales del manejo integral de reptiles según el criterio de Pike (2016).	60
Tabla 10. Estrategias identificadas para el manejo de los impactos en Isla Todos Santos Sur y su aplicación dentro de los componentes de los subprogramas de Conservación y Manejo de los Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas.	62

Figura 1. Ubicación del Archipiélago Islas Todos Santos, en Ensenada, Baja California, México. El Archipiélago incluye la Isla Norte, la Isla Sur y 18 islotes.	11
Figura 2. Principales construcciones. (a) Casa y faro en la Isla Norte. (b) Estación de GECl. (c) Instalaciones de la empresa <i>Pacifico Aquaculture</i> , compañía que tiene una concesión para la instalación de corrales para cría de peces (Madrigal, 2013) y (d) baliza en el extremo sur de la Isla Sur.	12
Figura 3. Posición de escamas de <i>Lampropeltis herrerae</i> . Presenta 21-23 filas de escamas dorsales; 217-220 ventrales y 52-59 subcaudales. Laterales: (a) rostral, (b) nasal, (c) infralabiales (8-9), (d) supralabiales (7-8), (e) loreal, (f) preocular, (g) supraocular, (h) postoculares (2), (i) temporales (2+3); Frontales: (a) rostral, (b) internasal, (c) prefrontal, (d) supraocular, (e) frontal, (f) parietal (Heimes, 2016; Van Denburgh y Slevin, 1923). Elaboración propia.	15
Figura 4. Principales elementos fisiográficos, planicies y lomeríos, de la Isla Todos Santos Sur. Donde: Lm, lomeríos (1 al 7); PN, planicie norte; POe, planicie oeste; PE, planicie este y PS, planicie sur.	21
Figura 5. Paisajes de la Isla Todos Santos Sur. (a) Planicie norte con manchones de <i>Bergerocactus emoryi</i> , <i>Rhus integrifolia</i> y <i>Malva parviflora</i> ; <i>Avena</i> sp. rodeándolos. (b) Planicie al noreste con especies como <i>Euphorbia misera</i> , <i>Hazardia berberidis</i> y <i>Malosma laurina</i> ; además la ladera norte de lomerío 4 con arbustos de <i>R. integrifolia</i> . (c) Planicie este con manchones de <i>B. emoryi</i> y <i>Opuntia oricola</i> , así como <i>M. parviflora</i> ; al fondo, ladera norte de lomerío 5. (d) Extremo de la planicie oeste con <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> hacia el acantilado; al fondo el lomerío 1. (e) Ladera sur del lomerío 5 y parte de la planicie sur; destacan especies como <i>B. emoryi</i> , <i>Encelia californica</i> , <i>Lycium californicum</i> y <i>O. oricola</i> . (f) Extremo sur de la isla, donde <i>M. crystallinum</i> cubre parte de la planicie sur y los lomeríos 6 y 7. Fotografías: Judith Pampa.	22
Figura 6. Sitios de muestreo para la serpiente rey <i>Lampropeltis herrerae</i> en la Isla Todos Santos Sur, Baja California, México. Colonias de aves marinas: <i>Phalacrocorax auritus</i> , <i>P. penicillatus</i> y <i>Pelecanus occidentalis</i>	27
Figura 7. Vista de uno de los caminos en la isla Sur. El pasto y los arbustos densos impidieron el ingreso a algunos sitios de la isla; además, dificultaron el muestreo nocturno. Fotografía: Jesús García Salazar, durante verano 1.	37
Figura 8. Variabilidad de (a) temperatura del aire, (b) humedad relativa y (c) velocidad del viento en la Isla Todos Santos Sur durante el muestreo de mayo a octubre de 2019. El tamaño de la caja contiene el 95 % de los datos. Las x marcan el promedio; la línea dentro de la caja indica el valor de la mediana; las líneas verticales muestran los intervalos de los valores mínimo y máximos. Los puntos muestran valores atípicos registrados.	40
Figura 9. Coeficiente de correlación de Spearman de la abundancia relativa de serpientes encontradas en la Isla Todos Santos Sur, durante el muestreo de mayo a octubre de 2019, con las variables ambientales: (a) temperatura del aire, (b) humedad relativa y (c) velocidad del viento. Los valores en los recuadros muestran el cálculo de la correlación (r_s); el valor de p, el nivel de significancia del 5% (α 0.05) y el número de datos (n).	41
Figura 10. Ejemplares de <i>Lampropeltis herrerae</i> capturados durante el muestreo de mayo octubre de 2019 en la Isla Todos Santos Sur. (a) Serpiente 1, S1. (b) Serpiente 2, S2. (c) Serpiente 3, S3; ejemplar en proceso de muda. (d) Serpiente 4, S4. (e) Serpiente 5, S5. (f) Serpiente 6, S6. (g) Serpiente 7, S7; hembra grávida. (h) Serpiente 8, S8. Fotografías: (f) y (h), Jesús García Salazar; (g) Fernanda Manríquez; el resto, Judith Pampa.	44

Figura 11. Seguimiento por telemetría de la serpiente 4 (S4) en Isla Todos Santos Sur durante la primavera de 2019. (a) Ejemplar con radio transmisor; (b) rastreo con antena Yagui y radio receptor. Fotografías: (a) Judith Pampa, (b) Jesús García Salazar.	46
Figura 12. Distribución de la población de <i>Lampropeltis herrerae</i> en Isla Todos Santos Sur durante mayo a octubre de 2019. Los polígonos muestran las áreas calculadas para el ámbito hogareño, la densidad de serpientes y la distribución general de la población en la isla usando el método del Polígono Convexo Mínimo.	48
Figura 13. Hábitat de <i>Lampropeltis herrerae</i> en los muestreos con cuadrantes de 1 m ² (1 x1 m). En las fotografías se muestra el sitio donde se encontraron evidencias de la serpiente que corresponden a: (a) serpiente 1 y 2; (b) serpiente 4; (c) serpiente 3 y 7; (d) muda 6; (e) muda 8 y (f) muda 13. Fotografías: Judith Pampa.	51
Figura 14. Hábitat de <i>Lampropeltis herrerae</i> en Isla Todos Santos Sur. (a) Coeficiente de similitud del hábitat. (b) Zona de la parcela 6. (c) Zona de la parcela 1. (d) Zona de las parcelas 3 y 4. Fotografías: Judith Pampa.	54
Figura 15. Modelo conceptual de la propuesta de manejo para la conservación de la serpiente rey de Isla Todos Santos (<i>Lampropeltis herrerae</i>) en Ensenada, Baja California, México.	59

INTRODUCCIÓN

En las islas del noroeste de México existen alrededor de 331 especies y subespecies endémicas de flora y fauna (Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano, 2012), esta cifra incluye a las 16 especies de serpientes de las islas del Pacífico de la Península de Baja California (Samaniego et al., 2007). Y aunque se conoce la composición de especies que habitan en ellas (Grismer, 1999b, 2001; Junak y Philbrick, 1994, 2002; Oberbauer, 2002; Ratay et al., 2014; por ejemplo) se desconoce el estado de conservación de la mayoría (CONANP-CONABIO-TNC-PRONATURA, 2007).

Conocer el estado de conservación y las amenazas que enfrentan las especies y/o poblaciones de serpientes es necesario para realizar propuestas adecuadas de manejo, principalmente de aquellas que se encuentran en áreas remotas como las islas (Vasconcelos et al., 2013), ya que han desarrollado una serie de características que las diferencian de sus parientes continentales lo que las hace merecedoras de atención para su conservación (Groombridge et al., 2018). Por ejemplo, la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*), que es endémica de la Isla Todos Santos Sur en Ensenada, Baja California, México (Grismer, 2002; Heimes, 2016).

La serpiente rey ha estado bajo diferentes presiones como la presencia de gatos y conejos ferales que habitaron la isla (Donlan et al., 2000), la destrucción del hábitat y la extracción ilegal (Mellink, 1995). Debido a lo anterior, esta especie fue incluida en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) como en Peligro Crítico (Hollingsworth y Frost, 2007) y en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 como amenazada; en ambos casos sin haber sido

sustentada dicha asignación con algún método convencional como el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies silvestre en México (MER; DOF, 2010). Actualmente se presenta como sinonimia de *Lampropeltis zonata* en ambas listas (DOF, 2019; Hollingsworth y Hammerson, 2019).

Desde diciembre de 2016 el hábitat de esta serpiente forma parte de un Área Natural Protegida (DOF, 2016b); sin embargo, no existen acciones específicas para la conservación de la serpiente debido a la falta de información biológica y ecológica de este taxón. Por ello es necesario conocer su estado de conservación y las amenazas que enfrenta para poder realizar una propuesta de manejo y así asegurar la estabilidad y permanencia de la especie en la isla.

Para llevar a cabo una propuesta de manejo y conservación se debe integrar la biología y ecología de la especie, el estudio del hábitat y las amenazas que enfrenta, todo dentro de un marco de manejo adaptativo (Pike, 2016). Para ello se realizaron seis expediciones a la Isla Todos Santos Sur durante el periodo de mayo a octubre de 2019 con el objetivo de obtener datos ecológicos de la serpiente en la isla, así como la caracterización y evaluación de su hábitat y las amenazas que enfrenta.

En este trabajo se obtuvo información sobre la abundancia relativa y la densidad de la serpiente; se caracterizó el hábitat utilizado por los individuos que incluye los sitios en la parte noreste de la isla y se registraron las preferencias del hábitat. Además, se identificaron las principales amenazas para el hábitat y la especie. Con los datos obtenidos se realizó una propuesta de manejo para la conservación de la serpiente que incluye el listado de los impactos registrados en el hábitat y para la especie, sus fuentes y las acciones

a realizar para su mitigación; también se realizó la propuesta de su inclusión la lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT.

Toda esta información permitirá llevar a cabo las acciones para regular el impacto humano y el control de las especies exóticas invasoras en la isla, que fueron identificadas como las principales amenazas para la especie y el hábitat, y así contribuir en la conservación de uno de los elementos clave en los ecosistemas insulares: las serpientes.

MARCO DE REFERENCIA

Serpientes en islas

Las serpientes son animales exitosos en las islas ya que poseen adaptaciones ecológicas propias de los ecosistemas insulares (Groombridge et al., 2018), que les permiten construir poblaciones en estos ambientes donde suelen ser consideradas reemplazo de los carnívoros superiores endotérmicos (Martins y Lillywhite, 2019). Estas poblaciones habitan áreas pequeñas y, en comparación con sus similares continentales, suelen estar compuestas por pocos individuos con baja variabilidad genética (Frankham, 1997; Martins y Nilson, 2008). Además, son más susceptibles a impactos externos, especialmente los relacionados con las actividades humanas (Pimm, 1996; Sadler, 1999). A nivel mundial, existen alrededor de 1,223 especies de serpientes en 987 islas, de las cuales un tercio (32.8%) son endémicas (Martins y Lillywhite, 2019).

Amenazas

Las principales amenazas para las serpientes son las especies introducidas, la extracción ilegal o uso insostenible, el cambio climático y la modificación o pérdida de hábitat (Böhm et al., 2013; Gibbons et al., 2000). En los sistemas insulares a nivel mundial, las especies exóticas invasoras son la principal causa de extinción de especies (Tershy et al., 2015); estos ecosistemas son más susceptibles a ellas (Walsh et al., 2012; Whittaker y Fernández-Palacios, 2007). Hierbas y pastos no nativos son introducidos por dispersión y pueden colonizar sitios abiertos y perturbados llegando a desplazar a las plantas autóctonas (Coulston, 2002; Klinger et al., 2002). Ratas (*Rattus rattus.*), ratones caseros (*Mus*

musculus), conejos europeos (*Oryctolagus cuniculus*) y gatos (*Felis catus*) son las especies exóticas de animales más comunes que ingresan a las islas (Aguirre-Muñoz et al., 2008; Tye et al., 2018). Los gatos ferales son depredadores generalistas y oportunistas que provocan impactos negativos en las poblaciones insulares de aves, mamíferos y reptiles (Bonnaud et al., 2011); además, son responsables de al menos el 14 % de las extinciones de estos vertebrados (Medina et al., 2011).

Algunas especies de reptiles que son “raras” o de hábitat de difícil acceso, como las islas, son atractivas para los coleccionistas y suelen ser extraídas y comercializadas de forma ilegal (Auliya et al., 2016); esta práctica puede llevar a la sobreexplotación y afectar su supervivencia (Auliya et al., 2016; Gibbons et al., 2000; Rosser y Mainka, 2002) debido a que la vigilancia y la aplicación de la ley no han sido eficaces (Auliya et al., 2016; Blundell y Mascia, 2005; Schlaepfer et al., 2005; Smith et al., 2009). Foufopoulos et al., (2011) encontraron que las poblaciones insulares de reptiles, de regiones septentrionales, son más susceptibles a la extinción debido al cambio climático, acompañado de la pérdida de hábitat la cual resulta ser la principal amenaza y que pone en peligro a las especies insulares (Martins y Lillywhite, 2019; Tershy et al., 2015).

Conservación

En una evaluación del estado de conservación de los reptiles del mundo Böhm et al. (2013) estimaron que el 19 % de las especies se encuentran en peligro de extinción, de las cuales el 11.7 % son serpientes, porcentaje que podría aumentar al 33.2 % si se considera a las especies con Datos Insuficientes. Martins y Lillywhite (2019) mencionan

que esa evaluación incluye 178 especies de serpientes insulares, de las 1,223 registradas, donde 23 (12.9 %) se encuentran en Peligro Crítico, 7 (3.9 %) como Casi Amenazadas y 34 (19.1 %) con Datos Insuficientes. Para los autores este último número muestra que las serpientes insulares son menos conocidas.

Para priorizar a los taxa con fines de conservación, en casos cuando su taxonomía no está bien definida y muestran adaptaciones diferenciales en su comportamiento y morfología, estos pueden ser denominados como Unidades Evolutivas Significativas (Casacci et al., 2014). Las especies o subespecies insulares, con poblaciones diferenciadas de las continentales y que han evolucionado aisladas, suelen ser reconocidas con este término (Grismer, 1999a, 2001; Martins y Lillywhite, 2019).

Las serpientes insulares desempeñan un papel ecológico único en estos ecosistemas y, debido al riesgo de extinción que poseen, a los endemismos, a su importancia como unidades evolutivas aisladas y a su valor cultural y estético, son merecedoras de atención para su conservación (Martins y Lillywhite, 2019).

Considerar sólo la protección del hábitat para la conservación de las serpientes no es suficiente (Shine y Bonnet, 2009); tampoco lo es realizar únicamente la evaluación del estado de conservación de la población (Dorcas y Wilson, 2009). Se requieren estrategias integrales que contemplen la biología y ecología de la especie, su hábitat, las amenazas que enfrenta, así como su protección legal; todo dentro de un marco de manejo adaptativo (Pike, 2016) que incluye, en una etapa inicial, a los actores, objetivos claros, modelos y protocolos de monitoreo (Williams, 2011).

Metodologías de manejo para la conservación

Al estar estrechamente relacionadas con la variación en la disponibilidad de los recursos, del entorno físico y debido a que usan una gran variedad de hábitats (como sitios de hibernación, forrajeo, ovoposición, etc.) es que las serpientes pueden ser consideradas como indicadores de la calidad del ecosistema (Beaupre y Douglas, 2009); sin embargo, son de los vertebrados más difíciles de estudiar y, a menudo, se sabe poco de ellas (Dorcas y Wilson, 2009). Aun cuando no hay una forma estandarizada de estudiarlas (Seigel y Mulling, 2009), los estudios con animales focales, guiados por preguntas sobre su ecología espacial, el uso del hábitat, el comportamiento, entre otros, permiten obtener la información necesaria para tomar decisiones razonables de manejo. Entre estos estudios se encuentran los índices de abundancia relativa que son una opción cuando existen especies con baja probabilidad de recaptura, incluso en escalas espaciales pequeñas (Dorcas y Wilson, 2009).

Los índices de abundancia relativa son tasas de captura por unidad de esfuerzo o tiempo, no dependen de recapturas y, en algunos casos, la tasa de captura total puede reflejar la densidad de la población ya que este índice parte del supuesto de que la probabilidad de captura individual es constante; sin embargo, el resultado es una combinación de factores como el nivel de actividad, el uso del hábitat e incluso de la probabilidad de captura individual que puede variar entre las especies y poblaciones, por lo que se debe interpretar cautelosamente y asegurarse de que el método de muestreo sea repetitivo (Dorcas y Wilson, 2009). Se han calculado índices de abundancia relativa en poblaciones de serpientes insulares usando el número de capturas por unidad de esfuerzo

de muestreo, expresadas en metros cuadrados, horas, días, etc. (Ávila-Villegas, 2005; Hall et al., 2009; Martins et al., 2008).

Jenkins et al. (2009) mencionan que para caracterizar la distribución y el hábitat de las serpientes se pueden utilizar los datos de la ubicación de los individuos de una población, así como los obtenidos por radio telemetría (ámbito hogareño). Esta información puede ser utilizada para clasificar sitios que cumplen una función en el comportamiento de la especie (por ejemplo, sitios de muda) así como para describir las características ambientales de esas ubicaciones, por ejemplo, la temperatura, los tipos de cobertura vegetal entre otros. De esta forma, comentan que se puede dar seguimiento a los cambios en la distribución y el hábitat e inferir los posibles cambios en las poblaciones que pueden ser utilizados en los esfuerzos de conservación.

Una de las técnicas para la evaluación del hábitat consiste en medir los cambios en el número de especies a través del análisis de agrupamiento que muestran el grado de diferencia (índices de similitud) entre los elencos en cada punto o hábitat, así como una identificación y valoración de los impactos o disturbios, definidos como agentes de pérdida de biomasa ocasionados por circunstancias naturales o humanas, y que pueden ser medidos a través de su frecuencia y el grado de intensidad en que se presentan (Escofet, 1994).

Normatividad en México

Uno de los objetivos principales de la Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano es el fortalecimiento de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) a través de la elaboración o actualización de sus programas de

manejo (Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano, 2012). Desde diciembre de 2016 todas las islas mexicanas cuentan con un decreto de protección (Aguirre-Muñoz y Méndez-Sánchez, 2017) y, con excepción de la Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California, todas cuentan con Programa de Manejo (CONANP, 2018; 2019).

Es de suma importancia actualizar y fortalecer los Programas de Manejo de las ANP del Territorio Insular Mexicano con estudios sobre el estado de conservación de las especies de flora y fauna que habitan en ellas. Una de las normativas a nivel nacional que cobra relevancia en este tema es la Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que tiene como objetivo identificar las especies o poblaciones de vida silvestre en riesgo dentro del territorio mexicano; esta norma establece los criterios de su inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo a través del Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER). Este método contempla cuatro criterios independientes: la distribución, el hábitat, la vulnerabilidad biológica y el impacto de la actividad humana sobre el taxón y al hacer esta evaluación se puede obtener una de las cuatro categorías de riesgo de extinción de las especies silvestres de México: En peligro de extinción (P), Amenazada (A), Sujeta a protección especial (Pr) y Probablemente extinta en el medio silvestre (E; DOF, 2010).

ANTECEDENTES

Islas del Pacífico de la Península de Baja California: las Islas Todos Santos

La costa del Pacífico de la Península de Baja California posee un complejo de islas y archipiélagos reconocidos como sitios de importancia para la conservación por su gran diversidad de especies, endemismos y colonias reproductivas de aves y mamíferos marinos (Maldonado, 2016; Samaniego et al., 2007). En diciembre de 2016 estas islas fueron declaradas ANP con el nombre de Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California e incluye las islas San Martín, Adelaida y Los Alijos; los archipiélagos Bahía Magdalena, Cedros, San Benito, San Jerónimo, Coronado y Todos Santos (DOF, 2016b), este último ubicado frente al puerto de Ensenada y formado por las islas Todos Santos Norte, Todos Santos Sur y dieciocho islotes (Figura 1).

El archipiélago Todos Santos destaca por la presencia de especies como la salamandra de jardín (*Batrachoseps major major*), la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) y el ratón de Isla Todos Santos (*Peromyscus maniculatus dubius*), las dos últimas consideradas endémicas. En la zona marítima adyacente se extrae erizo (*Strongylocentrotus franciscanus* y *S. purpuratus*) que es una de las principales pesquerías de la región (DOF, 2016b).

En cuanto a infraestructura existe un faro y una casa, donde vive personal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en la Isla Norte; una pequeña estación del Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI), una baliza e instalaciones de la empresa *Pacifico Aquaculture* ubicadas en la Isla Sur (Figura 2; Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1994; Samaniego et al., 2007).

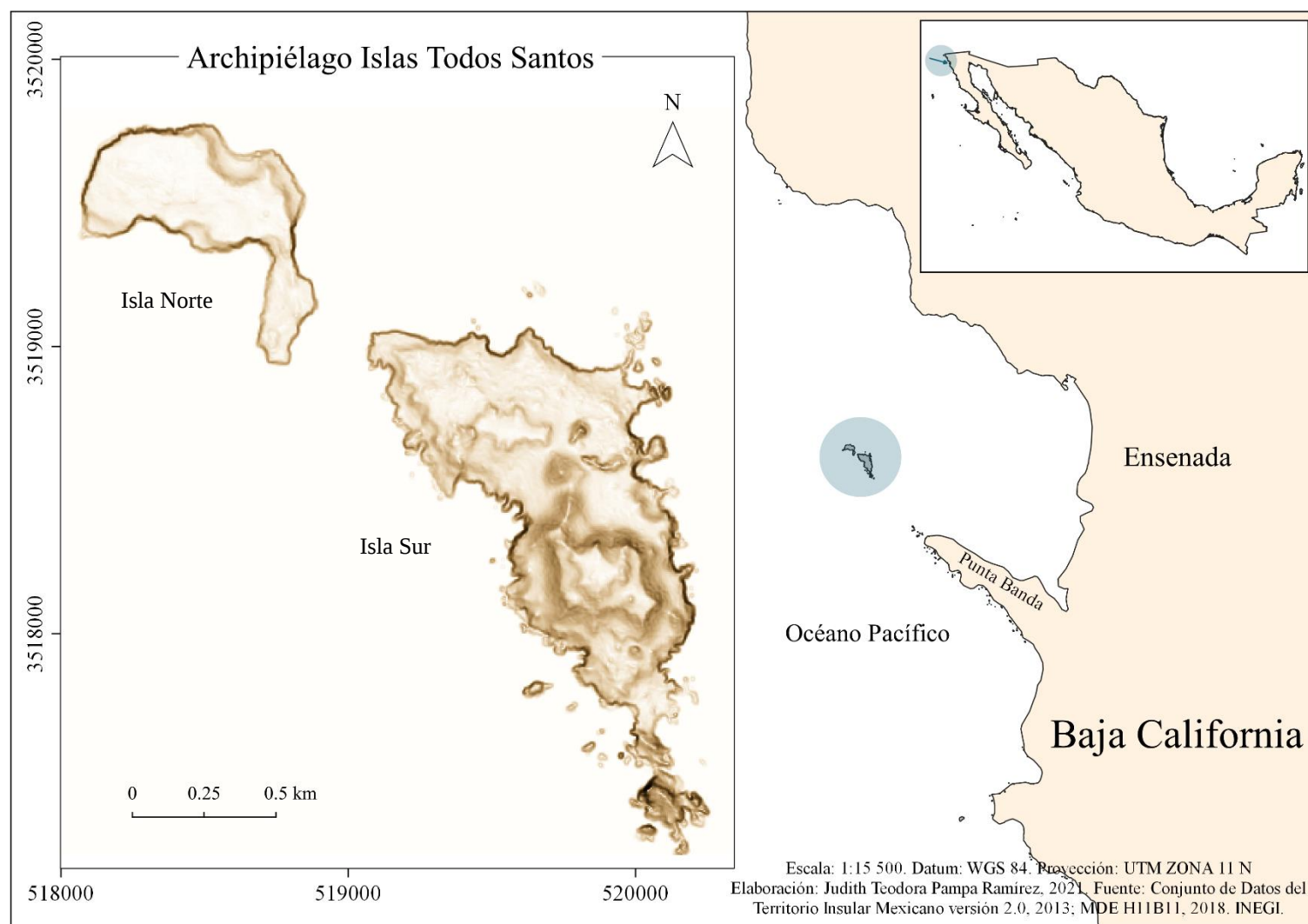


Figura 1. Ubicación del Archipiélago Islas Todos Santos, en Ensenada, Baja California, México. El Archipiélago incluye la Isla Norte, la Isla Sur y 18 islotes.



Figura 2. Principales construcciones. (a) Casa y faro en la Isla Norte. (b) Estación de GECL. (c) Instalaciones de la empresa *Pacífico Aquaculture*, compañía que tiene una concesión para la instalación de corrales para cría de peces (Madrigal, 2013) y (d) baliza en el extremo sur de la Isla Sur.

Desde tiempos remotos estas islas han sido visitadas por el hombre. Existen restos arqueológicos, denominados concheros, pertenecientes a los indígenas Kumiai quienes llegaban a las islas en balsas de tule (Lazcano, 2000). A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, estas islas fueron objeto de diversas expediciones científicas donde se recopiló información sobre la historia natural del lugar así como el registro y nuevas descripciones de plantas y animales (Allen, 1898; Howell, 1912; Kaeding, 1905; Nelson, 1921; Van Denburgh, 1924; Van Denburgh y Slevin, 1923). Durante estas expediciones fueron observados gatos exóticos depredando fauna nativa; aparentemente introducidos después de 1912 (Carter et al., 2006). Más tarde, en 1969, se introdujeron conejos europeos y entre 1997 y 1998 ambos fueron erradicados (aproximadamente 30 gatos y 40 conejos se removieron de Isla Sur; Donlan et al., 2000). Desafortunadamente, la rata de Todos Santos (*Neotoma anthonyi*) y el gorrión de corona rufa (*Aimophila ruficeps sanctorum*) se extinguieron a causa de la presencia de gatos ferales (Mellink, 1992).

Actualmente, en el puerto son ofrecidos paseos en bote alrededor del archipiélago; sin embargo, el ingreso a las islas está restringido y debe ser aprobado por la dirección de la Reserva y de la Secretaría de Gobernación. Cabe mencionar que las Islas Todos Santos son un punto importante para los surfistas ya que aquí se encuentra uno de los sitios con olas gigantes más famosos del mundo que, desde el año 2014, forma parte de una Reserva Mundial de Surf (Arroyo et al. 2019).

La serpiente rey

La serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae* Van Denburgh & Slevin, 1923) es endémica de la Isla Todos Santos Sur, Baja California, México (Grismer, 2002). Perteneció a la Familia Colubridae y al género *Lampropeltis* que incluye a las culebras reales y falsas coralillo (Liner y Casas-Andreu, 2008). Su color es negro, con bandas blancas a lo largo del cuerpo, en ocasiones presenta bandas incompletas de color rosa pálido; su hocico es negro y su cabeza tiene las escamas típicas de un colúbrido (Figura 3). En ocasiones las escamas supraoculares y parietales están fusionadas (Klauber, 1943).

Estatus taxonómico

La taxonomía de *Lampropeltis herrerae* es compleja; las últimas revisiones, con base en análisis filogeográficos (Myers et al., 2013; Rodríguez-Robles et al., 1999), no han sido del todo concluyentes para la especie. Myers et al. (2013) la considera en sinonimia con *L. multifasciata*. En cambio, Grismer (2001) la propone como una unidad taxonómica completa, recurriendo el concepto evolutivo de especie, a los hallazgos de Rodríguez-Robles et al. (1999) y a su coloración y morfología distinta. Incluso este taxón podría ser considerado como una Unidad Evolutiva Significativa (Casacci et al., 2014; Robertson et al., 2014) con su propia historia ecológica y evolutiva.

La nomenclatura taxonómica utilizada para este taxón en la Norma Oficial Mexicana, hasta la última actualización, era la propuesta por Grismer (DOF, 2010). Actualmente se tiene como un sinónimo de *L. zonata* (DOF, 2019), pero es necesario designar a *Lampropeltis herrerae* como el basónimo o sinónimo principal por sus peculiares rasgos que la identifican como una especie válida (Hollingsworth et. al., 2015).



Figura 3. Posición de escamas de *Lampropeltis herrerae*. Presenta 21-23 filas de escamas dorsales; 217-220 ventrales y 52-59 subcaudales. Laterales: (a) rostral, (b) nasal, (c) infralabiales (8-9), (d) supralabiales (7-8), (e) loreal, (f) preocular, (g) supraocular, (h) postoculares (2), (i) temporales (2+3); Frontales: (a) rostral, (b) internasal, (c) prefrontal, (d) supraocular, (e) frontal, (f) parietal (Heimes, 2016; Van Denburgh y Slevin, 1923). Elaboración propia.

Distribución, hábitat e historia natural

Las serpientes rey de montaña (del complejo *L. zonata* que incluye a *L. herrerae*) se distribuyen en las zonas montañosas del oeste de Washington hasta el sur de Baja California, México. En Baja California se encuentran en las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, en altitudes de los 900 a los 2,200 mnsn, y en la Isla Todos Santos Sur (Heimes, 2016). Ocupan una gran variedad de hábitats, desde los bosques de coníferas, chaparrales y matorrales, así como los bosques de galería; los afloramientos rocosos, las grietas y troncos son algunos de los lugares que prefieren (Heimes, 2016; Nafis, 2000-2021). El ámbito hogareño de las serpientes de este género es relativamente pequeño, con polígonos convexos mínimos de entre 1 y 5 ha (Anguiano y Diffendorfer, 2015).

En el archipiélago Todos Santos el hábitat de *L. herrerae* es prácticamente toda la Isla Sur (Heimes, 2016), en la cual parece preferir las zonas rocosas al interior de la misma donde puede ser observada entre la vegetación (Grismer, 2002); además, puede estar activa casi todo el año (Heimes, 2016), incluso en días nublados, aunque los meses de mayor actividad son de abril a junio (Grismer, 2002). Cuando el clima es templado, estas serpientes son de actividad diurna, por ejemplo, en primavera; pero cuando hace más calor, en verano, su actividad puede cambiar a crepuscular y nocturna (Heimes, 2016; Nafis, 2000-2021).

Si bien se conoce poco sobre su historia natural, las serpientes de este género son constrictoras que pueden alimentarse de otras serpientes, incluso venenosas, aunque mayormente su alimentación es generalista (Heimes, 2016). Por ejemplo, la dieta de *L. zonata* incluye lagartijas y huevos de estas, roedores, huevos de aves (Greene y Rodríguez-

Robles, 2003; Heimes, 2016) y polluelos que pueden cazar desde los arbustos (Basey, 2014; Cunningham, 1955, 1959). En la isla Sur, *L. herrerae* se alimenta de lagartijas como *Sceloporus occidentales* y *Plestiodon skiltonianus* (Grismer, 2002).

La talla de un adulto de *L. zonata* suele ser entre 50 y 80 cm de longitud hocico-cloaca (LHC; Greene y Rodríguez-Robles, 2003) y 106 cm de longitud total (LT; Heimes, 2016). En cautiverio, McKeown y Morgan (1996) reportaron un ejemplar con 122.4 cm de LT, 105.6 cm de LHC y 16.8 cm de longitud de la cola (LC). Machos y hembras de *L. zonata* alcanzan la madurez sexual alrededor de los 45 y los 52 cm de LHC respectivamente (Goldberg, 1995).

Estas serpientes son ovíparas. El apareamiento en *L. zonata* ocurre durante la primavera y la puesta durante el verano (Grismer, 2002; Heimes, 2016). Ponen entre 3 y 13 huevos (Cunningham, 1959; Grismer, 2002; Heimes, 2016; Tryon y Murphy, 1982) que miden aprox. 42 mm de largo, 17 mm de diámetro y pesan alrededor de 8.4 g (Tryon y Murphy, 1982). Los huevos eclosionan entre agosto y septiembre a los 60-68 días de incubación (Heimes, 2016). Las crías miden entre 19-27 cm de longitud total y pesan alrededor de 5.7 y 7.7 g (Tryon y Murphy, 1982). Existe la posibilidad de que en zonas templadas haya puestas múltiples en algunas especies del género, especialmente hacia la parte sur de su distribución cuando el alimento es abundante (Tryon y Murphy, 1982).

Amenazas y conservación

Hasta 1998, que fueron erradicados, los gatos eran comunes en la isla Sur y es posible que compitieran por alimento e incluso llegaran a depredar a la serpiente rey

(Donlan et al., 2000) ya que las serpientes y otros reptiles suelen formar parte de su dieta en islas (Bonnaud et al., 2011). Por otro lado, las plantas exóticas invasoras representan una amenaza para esta especie ya que existe una reducción en la abundancia de reptiles, en hábitats de matorrales, debido a su presencia (Schirmel et al., 2016).

Debido al atractivo que posee, esta serpiente ha sido buscada por los coleccionistas de reptiles. Mellink (1995) encontró trampas ilegales para serpientes en la Isla Sur y reportó que un extranjero había ofrecido comprar a los pescadores de la isla serpientes de ese lugar. Peralta-García y Valdez-Villavicencio en 2006, encontraron dos trampas ilegales para serpientes (com. person.). Se desconoce si la extracción continúa. Por otra parte, en abril de 2018 se registró el ingreso a la isla de dos grupos de turistas quienes buscaban a la serpiente rey para fotografiarla; desafortunadamente no dieron aviso de su visita a las autoridades correspondientes (bitácora de la estación de GECI).

Anteriormente *Lampropeltis herrerae* se encontraba en la IUCN como en peligro crítico (Hollingsworth y Frost, 2007) debido a la disminución de la población causada por el comercio ilegal de mascotas. Por otro lado, Wilson et al. (2013) categorizaron a *L. herrerae* como una especie altamente vulnerable usando el cálculo de vulnerabilidad ambiental; además, Johnson et al. (2017) la incluyen en el nivel de prioridad de conservación uno, el más importante en su estudio, dentro de las especies endémicas del país. Actualmente es considerada sinonimia de *Lampropeltis zonata*, especie de Preocupación menor en la IUCN y como Amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019).

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar una propuesta de manejo para la conservación de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*), Ensenada, Baja California, México.

Objetivos específicos

1. Determinar el estado de conservación actual de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*), Ensenada, Baja California, México.
2. Evaluar el hábitat y las amenazas que enfrenta esta especie endémica insular.
3. Elaborar una estrategia para la conservación de esta serpiente endémica de la Isla Todos Santos Sur.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La Isla Todos Santos Sur se ubica a 16 km al oeste del puerto de Ensenada y a 6 km al noroeste de Punta Banda (Figura 1). Está separada de la Isla Norte por un canal de aproximadamente 300 m. Tiene una superficie de 89.4 ha (DOF, 2016b); mide alrededor de 1.8 km de largo y casi 1 km de ancho en la parte más amplia (Howell, 1912). Su origen es continental, se separó de Punta Banda hace aproximadamente 9,800 años (Smith, 1992). La mayor parte de la isla es rocosa, con poca cobertura de suelo; las rocas dominantes son de origen volcánico, de tipo andesítico, que corresponden a la formación Alisitos del Cretácico superior (Pou Alberú, 1982).

La zona es de clima mediterráneo, con lluvias en invierno y la estación seca en verano (Peinado y Delgadillo, 1990). Las condiciones climatológicas son similares a las continentales, en Ensenada, donde la temperatura media anual en 2018 fue de 30 °C máx. y 8.9 °C mín. y 162.3 mm de precipitación anual (Servicio Meteorológico Nacional, s/a); además, es una isla con una gran cantidad de humedad (Goldman, 1951).

La isla está rodeada por acantilados; hay algunas pequeñas calas, con playas rocosas, donde se puede desembarcar. Presenta una topografía muy diversa con varios lomeríos de laderas rocosas con altitudes de 40 a 96 m; sus pendientes son de moderadas a fuertes y oscilan entre los 10 y 40 grados. Las planicies tienen de 10 a 35 m de altitud, con pendientes suaves a moderadas, de 1 a 12 grados (Figura 4). No existen grandes cañadas ni cuerpos de agua dulce (Junak y Philbrick, 1994; Figura 5).

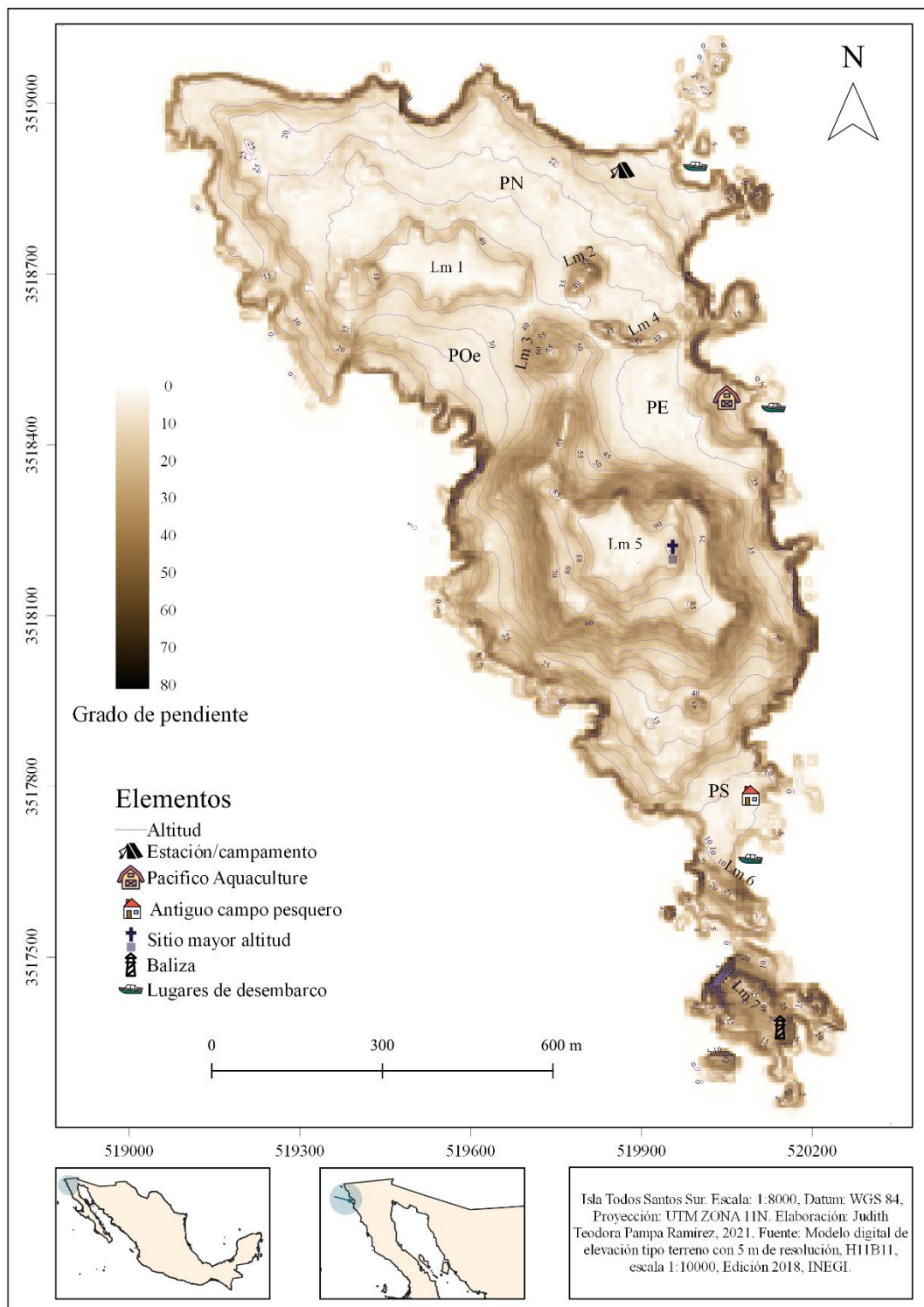


Figura 4. Principales elementos fisiográficos, planicies y lomeríos, de la Isla Todos Santos Sur. Donde: Lm, lomeríos (1 al 7); PN, planicie norte; POe, planicie oeste; PE, planicie este y PS, planicie sur.

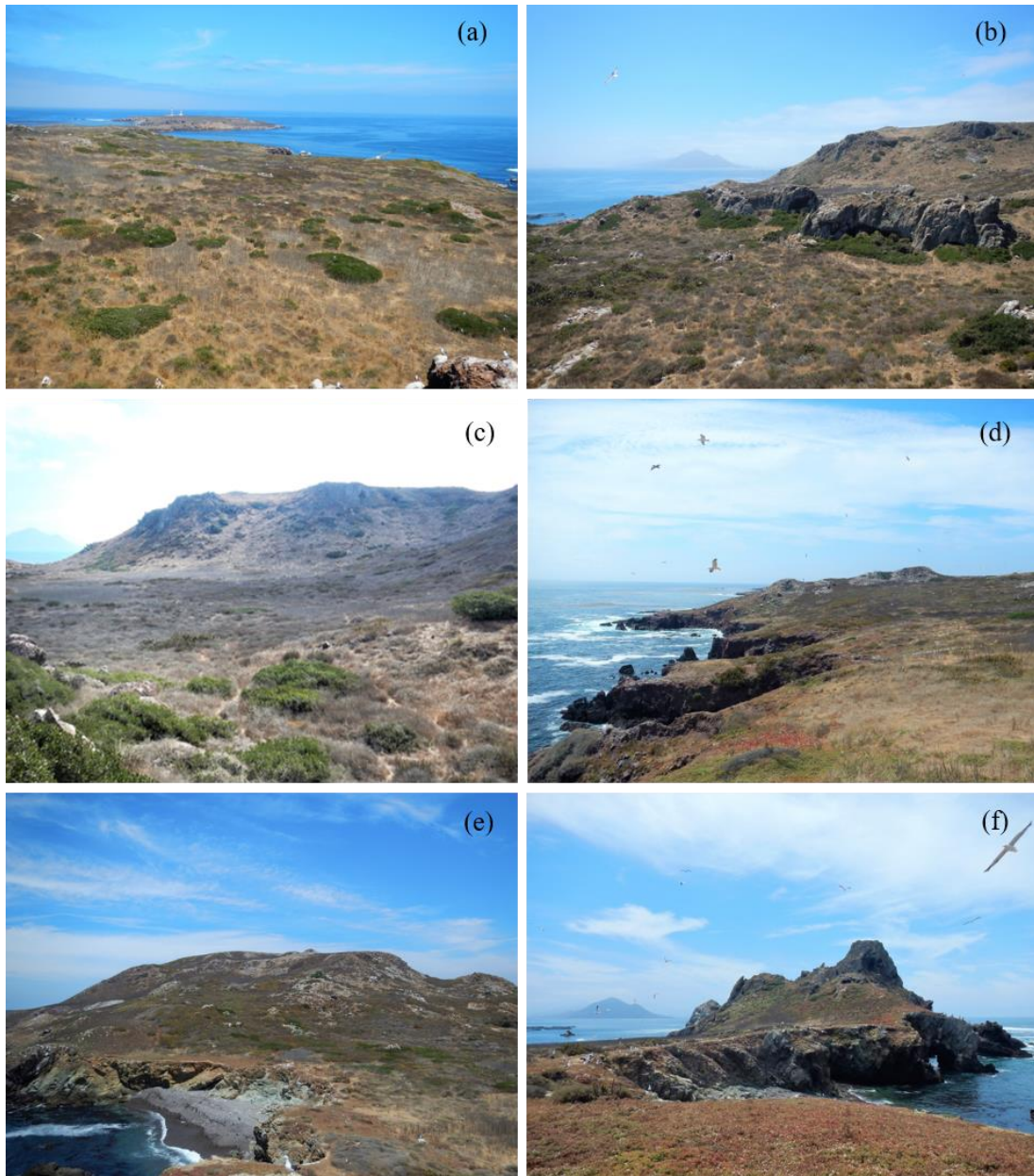


Figura 5. Paisajes de la Isla Todos Santos Sur. (a) Planicie norte con manchones de *Bergerocactus emoryi*, *Rhus integrifolia* y *Malva parviflora*; *Avena* sp. rodeándolos. (b) Planicie al noreste con especies como *Euphorbia misera*, *Hazardia berberidis* y *Malosma laurina*; además la ladera norte de lomerío 4 con arbustos de *R. integrifolia*. (c) Planicie este con manchones de *B. emoryi* y *Opuntia oricola*, así como *M. parviflora*; al fondo, ladera norte de lomerío 5. (d) Extremo de la planicie oeste con *Mesembryanthemum crystallinum* hacia el acantilado; al fondo el lomerío 1. (e) Ladera sur del lomerío 5 y parte de la planicie sur; destacan especies como *B. emoryi*, *Encelia californica*, *Lycium californicum* y *O. oricola*. (f) Extremo sur de la isla, donde *M. crystallinum* cubre parte de la planicie sur y los lomeríos 6 y 7. Fotografías: Judith Pampa.

La Isla Sur se caracteriza por una vegetación de matorral costero (González-Abraham et al., 2010), que consiste en una mezcla de plantas arbustivas, anuales, perennes y de varias herbáceas; además, algunos pastos y hierbas no nativos pueden estar en sitios alterados (Junak y Philbrick, 1994). Entre las especies dominantes se encuentran *Artemisa californica*, *Bergerocactus emoryi*, *Encelia californica*, *Euphorbia misera*, *Hazardia berberidis*, *Isocoma menziesii*, *Lycium californicum*, *Malosma laurina*, *Opuntia oricola* y *Rhus integrifolia* (Junak y Philbrick, 1994), todas ellas con una distribución muy heterogénea (Figura 6).

De forma general, en las laderas las especies vegetales siguen un patrón similar al descrito por Auslander et al., (2003): laderas con orientación sur presentan más especies xerófitas y las laderas con orientación norte tienen arbustos más grandes y densos. En algunos sitios, plantas no nativas como *Mesembryanthemum crystallinum*, *Avena* sp. y *Malva parviflora* llegan a cubrir gran parte de las planicies y lomeríos (Figura 5).

En cuanto a la fauna presente se pueden observar cuatro especies de lagartijas: *Uta stansburiana*, *Sceloporus occidentalis*, *Plestiodon skiltonianus* y *Anniella stebbinsi*; así como dos especies de serpientes: *Diadophis punctatus* y *Lampropeltis herrerae* (Samaniego et al., 2007; Van Denburgh, 1924); además, Samaniego et al. (2007) reporta la presencia de *Salvadora hexalepis virgultea*. Las aves registradas en la isla sur incluyen algunas especies de rapaces como *Athene cunicularia*, *Falco peregrinus* y *Tyto alba*; también varias de paseriformes, por ejemplo, *Haemorhous mexicanus*, *Sayornis nigricans*, *Vermivora celata*, *Passerculus sandwichensis* (Samaniego et al., 2007; Van Denburgh,

1924) incluyendo la subespecie extinta de gorrión *Aimophila ruficeps santorum* (Mellink, 1992; Samaniego et al., 2007).

Durante la temporada de reproducción anidan ocho especies de aves marinas: alcuelas (*Ptychoramphus aleuticus*); cormoranes (*Phalacrocorax auritus*, *P. pelagicus* y *P. penicillatus*); mérgulos (*Synthliboramphus scrippsi*) y paínos (*Oceanodroma homochroa*); además de pelícanos (*Pelecanus occidentalis*) y gaviotas (*Larus occidentalis*) que concentran una población estimada de 1200 y hasta 9000 parejas reproductoras respectivamente (Bedolla-Guzmán et al., 2019). Los mamíferos presentes se reducen a una especie de roedor, el ratón de Isla Todos Santos (*Peromyscus maniculatus dubius*), ya que la rata de Todos Santos (*Neotoma anthonyi*), se considera extinta (Cortés-Calva et al., 2001; Mellink, 1992).

Trabajo de campo

Se realizaron seis visitas a la Isla Todos Santos Sur, durante los meses de mayo a octubre del año 2019, periodo que cubre la temporada de actividad de la serpiente mencionado por Grismer (2002). La duración de cada visita y la estación del año que cubren se pueden observar en la Tabla 1.

Se realizó un muestreo semi-dirigido al hábitat potencial de la serpiente y en las principales unidades fisiográficas de la isla que pudieron ser accesibles (lomeríos y sus laderas, así como algunas planicies). Cada participante escudriñó el terreno en busca de la serpiente, de forma aleatoria y por separada, realizando dos recorridos diarios de aproximadamente 2 h entre las 08:00-14:00 h; y vespertino, entre las 16:00-20:00 h. El número de participantes en cada muestreo fue de dos personas en primavera 1, 2 y verano 3; tres personas en verano 1 y otoño 1; y cuatro personas en verano 2; por lo que el esfuerzo de muestreo tuvo que ser ponderado a las horas búsqueda realizadas por dos personas, asumiendo que la búsqueda de la serpiente por parte de los participantes es igual, lo que permite igualar este esfuerzo en todas las visitas con el fin de realizar una comparación entre ellas.

La búsqueda nocturna, al igual que en los sitios de anidación, tuvo que ser suspendida debido a la poca accesibilidad y para no perturbar a las aves marinas anidantes. Estos lugares fueron revisados una vez que terminó la temporada de anidación. Los sitios muestreados de manera regular para la ubicación de la serpiente representaron alrededor del 30 % de la superficie de la isla (Figura 6).

Tabla 1. Calendario de visitas a la Isla Todos Santos Sur durante el año 2019.

No. visita	Estación	Mes	Días / fecha										
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11
1	primavera 1	MAY	6 may	7 may	8 may	9 may							
2	primavera 2	JUN	10 jun	11 jun	12 jun	13 jun							
3	verano 1	JUN/JUL	27 jun	28 jun	29 jun	30 jun	1 jul	2 jul	3 jul	4 jul	5 jul	6 jul	7 jul
4	verano 2	AGO	12 ago	13 ago	14 ago	15 ago							
5	verano 3	AGO/SEP	30 ago	31 ago	1 sep	2 sep							
6	otoño 1	OCT	25 oct	26 oct	27 oct	28 oct							

Mes al que corresponden las visitas a la isla: MAY, mayo; JUN, junio, JUL, julio; AGO, agosto; SEP, septiembre; OCT, octubre.
Días / Fecha de la estancia en la isla.

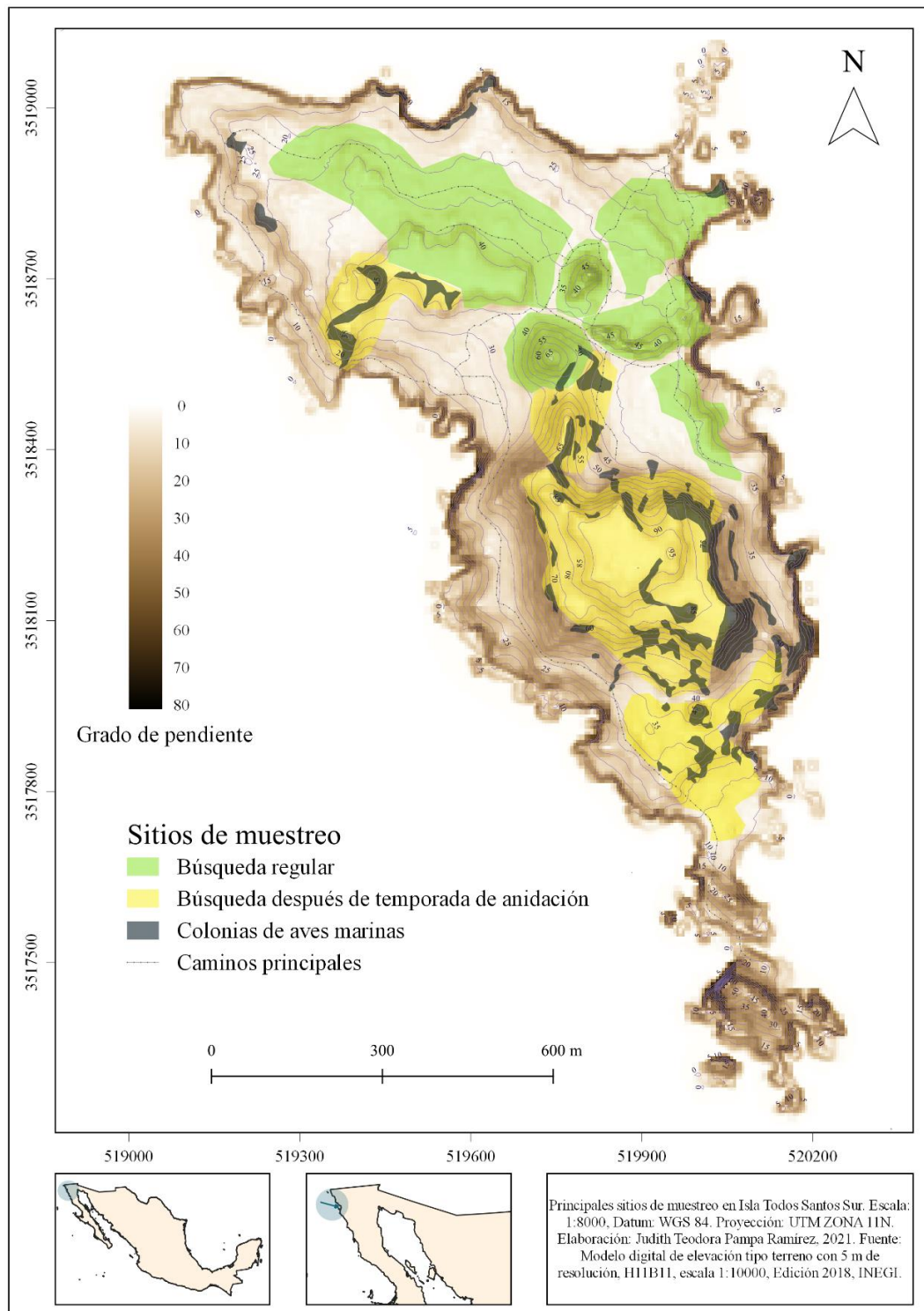


Figura 6. Sitios de muestreo para la serpiente rey *Lampropeltis herrerae* en la Isla Todos Santos Sur, Baja California, México. Colonias de aves marinas: *Phalacrocorax auritus*, *P. penicillatus* y *Pelecanus occidentalis*.

Análisis cuantitativo y estadístico de datos de campo

Para calcular la Abundancia Relativa (AR) se dividió el número de individuos encontrados entre la unidad de esfuerzo de muestreo (Avila-Villegas, 2005), es decir, el número de serpientes encontradas entre las horas búsqueda de dos personas durante cada visita. Por último, se realizó la misma operación, pero con el total de serpientes entre el total de horas búsqueda de todas las visitas. El cálculo se realizó con la siguiente fórmula:

$$AR_n = \frac{N_n}{h \text{ búsqueda}_n}$$

Donde:

AR_n - abundancia relativa de la visita n

N_n - número de serpientes encontradas durante la visita n

$h \text{ búsqueda}_n$ - horas de búsqueda durante cada visita n

Con el total de serpientes encontradas por estación (primavera, verano y otoño) se realizó una prueba de bondad de ajuste χ^2 (Chi cuadrado), partiendo de la hipótesis nula de no preferencia y que la serpiente puede ser encontrada en cualquier estación climática. Para el cálculo se usó la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

χ^2 - estadístico Chi cuadrado.

O_i - frecuencia observada.

E_i - frecuencia esperada, o el promedio esperado, es decir la frecuencia observada entre el número de estaciones.

Al inicio y final de cada recorrido, usando un anemómetro portátil (ACURITE 00256M), se midieron las variables ambientales (temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento) para obtener su promedio durante cada visita a la isla (Martins et al., 2008) y ver su variabilidad. Con el promedio de las variables y la abundancia relativa obtenida en cada visita, se realizó el cálculo del coeficiente de correlación de rangos de Spearman con la hipótesis nula de que no existe asociación significativa entre ellas. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s - coeficiente de correlación de rangos de Spearman.

d^2 - las diferencias de los rangos entre la variable y la AR al cuadrado.

n - número de datos.

Las pruebas de hipótesis estadísticas se realizaron poniendo a prueba el estadístico calculado contra el valor crítico de cada prueba con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$) y 2 grados de libertad para Chi cuadrado, y una n de 6 para el coeficiente de correlación de rangos de Spearman. Las gráficas y los cálculos estadísticos se realizaron con el programa de Excel (© Microsoft 365).

Obtención de datos biométricos y bionómicos de la serpiente

En cada punto donde se capturó una serpiente, de forma manual, o se observó evidencia de ella o su muda, se tomaron las coordenadas UTM usando una unidad GPS (Datum WGS84). Cada individuo capturado fue medido, pesado, sexado y marcado con una etiqueta electrónica (PIT tag; Gibbons y Andrews, 2004) y/o con corte de escama ventral (Plummer y Ferner, 2012). Para identificar la edad del organismo se utilizó la medida longitud hocico-cloaca, donde machos ≥ 45 cm se consideraron como adultos; hembras ≥ 52 cm, fueron clasificadas como adulto (Goldberg, 1995). Por último, se anotó el tipo de comportamiento y/o la forma en que se encontró al ejemplar: oculto, en movimiento, etc. (Plummer, 2010).

Telemetría

Se utilizó un radio transmisor VHF de ~ 2.7 g Modelo BD-2 de HOLOHYL SYSTEMS Ltd., que fue colocado en la parte ventral posterior de la serpiente siguiendo la técnica de Wylie, et al, (2011). Para el rastreo, matutino y vespertino, se utilizó un receptor VHF modelo WTI-1000 de Wildlife Track Inc. y una antena Yagi de tres elementos. Para obtener la ubicación del ejemplar mediante la estimación de la dirección se siguieron los pasos propuestos por Hidalgo y Olivera (2011).

Todos los procedimientos se realizaron siguiendo las recomendaciones de Beaupre et al, (2004) y los individuos fueron liberados en el lugar de captura una vez obtenida la información.

Distribución espacial y análisis estadístico de datos del hábitat asociado

Las coordenadas obtenidas por telemetría se ingresaron al programa BIOTAS™ 2.0 Alpha (Ecological Software Solutions™, 1998-2005) para calcular el tamaño del ámbito hogareño utilizando el método del Polígono Convexo Mínimo (PCM) con el 95% de los datos (De La Quintana et al., 2017). Con el mismo método se obtuvo el PCM de las evidencias de la serpiente, mudas e individuos detectados, para calcular el área y la distribución de la población en la isla; además, se calculó la densidad en metros cuadrados con la ubicación de las serpientes detectadas. Todos los mapas se realizaron con el programa QGIS® Versión 3.4.1-Madeira.

Para el uso del hábitat se utilizaron el número esperado de localizaciones en la isla, cuatro planicies y cinco lomeríos considerados como hábitat disponible, y se compararon con el número de evidencias observadas en cada una de ellas mediante una prueba de bondad de ajuste χ^2 (Chi cuadrado) con la hipótesis nula de no selección (De La Quintana et al., 2017) con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y 3 grados de libertad para el hábitat planicies y 4 grados de libertad para el hábitat lomeríos. Se utilizó la misma fórmula antes descrita y el cálculo se realizó en Excel (© Microsoft 365).

Evaluación del hábitat y análisis de amenazas

Descripción del hábitat y fuentes de disturbio

Los sitios donde se encontró evidencia de la serpiente fueron designados como hábitat usado por la especie. Para lograr una descripción de la composición del hábitat, en cada punto donde se encontró una muda y/o ejemplar de la serpiente se marcó un cuadrante de 1 m² (1 x 1 m) y se tomaron datos de cobertura vegetal, tipo de sustrato, altitud, pendiente y la orientación. Durante la última visita, en los puntos donde se localizaron ejemplares se marcaron parcelas de 100 m² (10 x 10 m) donde se caracterizó la cobertura vegetal, el tipo y la intensidad de la perturbación en una escala cualitativa (de tipo humano o natural; nivel de intensidad: nada, baja, media, alta y muy alta). Además, se registraron los diferentes tipos de disturbios/amenazas durante los recorridos en la isla.

Las coberturas y abundancias para ambos cuadrantes se realizaron de acuerdo a la escala van der Maarel (1979) que pueden ser consultadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala van der Maarel de cobertura y densidad vegetal.

Valor	Equivalencia
1	1-3 individuos < 5%
2	3-10 individuos <5%
3	más 10 individuos <5%
4	<5% y poco abundante
5	5-12.5%
6	12.6-25%
7	25.1- 50%
8	50.1-75%
9	75.1-100%

El listado florístico se realizó de acuerdo a la clasificación propuesta por *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016) y los nombres de las especies se corroboraron en las bases de datos *The International Plant Name Index* (IPNI, 2021) y en *Index to California Plant Names* (ICPN, 2021). Con la lista de las especies presentes en las parcelas de 100 m² se hizo una matriz de presencia-ausencia para obtener el coeficiente de similitud de Jaccard (Moreno, 2001) y el dendrograma con la media aritmética no ponderada (Burgos-Hernández y Castillo-Campos, 2018). El análisis se realizó con el programa PAST 3.20© (Hammer 1999-2018).

Evaluación de impactos-amenazas

Para evaluar y priorizar los impactos y sus fuentes se utilizó la metodología propuesta por Andrade et al. (1999) para los siguientes criterios de asignación: 1) objetos de conservación, 2) impactos y 3) fuentes. Para el objeto de conservación se consideró a la isla como una unidad integral y se realizó su valoración global conforme a los criterios de contribución, rareza, calidad y carisma (anexo 1). Para la valoración de los impactos se consideraron los criterios de severidad y alcance (Anexo 2). Y, por último, las puntuaciones de las fuentes u orígenes se asignaron conforme al valor de la contribución actual y futura (Anexo 2). Las puntuaciones asignadas consideran una escala de: 0.05 (bajo); 1 (medio); 2 (alto) y 4 (muy alto; Anexo 1 y 2). Las puntuaciones asignadas se promedian para obtener valores máximos de 4 puntos. Al final, el valor promedio obtenido por el objeto de conservación, el impacto y la causa se multiplican entre sí para obtener el valor total del impacto; el valor máximo de un impacto es de 64 puntos.

Los valores asignados para cada criterio se justificaron con la información obtenida del trabajo de campo, así como por la investigación de los antecedentes del Archipiélago Islas Todos Santos y del área de estudio Isla Todos Santos Sur. La lista de impactos fue construida a partir de los disturbios encontrados en las parcelas y los registrados durante los recorridos por la isla, así como los reportados durante la consulta a informantes clave.

Método de Evaluación de Riesgo

Para poder realizar la justificación técnica-científica de la propuesta de inclusión de la especie *Lampropeltis herrerae* en la Norma Oficial Mexicana se siguió lo establecido en el numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo 3) que establece la información que deberán presentar las propuestas de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo así como lo solicitado en el ANEXO NORMATIVO I, Método de Evaluación de Riesgo de extinción de las especies Silvestres de México (MER; Anexo 4) aplicable a los grupos de anfibios, aves, hongos, invertebrados, mamíferos, peces y reptiles.

La información obtenida del trabajo de campo y el análisis de amenazas se utilizó para unificar los criterios del MER y elaborar la ficha de inclusión de *Lampropeltis herrerae*, la cual fue enviada a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en respuesta a la convocatoria para la actualización de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, “Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo” con vigencia del 30 de abril de 2021 al 30 de julio de 2021.

RESULTADOS

Trabajo de campo

Durante 31 días de estancia en la isla Todos Santos Sur, entre los meses de mayo y octubre de 2019, se realizaron 62 recorridos en las principales unidades fisiográficas de la isla (planicies y lomeríos; Figura 7). Del total de los recorridos 14 (23 %) se realizaron en el lomerío 3; 12 recorridos (19 %) en el lomerío 2 al igual que en el lomerío 4; nueve recorridos (15 %) en el lomerío 1; siete recorridos (11 %) en la planicie norte (Anexo 5). La mayoría se hicieron durante el horario matutino y representan alrededor del 76 % de las horas de muestreo (156.5 h). El resto, 24 % (49 h) se llevaron a cabo en el horario vespertino (Anexo 6).

Análisis cuantitativo y estadístico de datos de campo

En un total de 205.5 h de esfuerzo de muestreo se encontraron ocho ejemplares de *Lampropeltis herrerae*, ninguna recaptura, que representan una abundancia relativa de 0.04 serpiente por hora, lo que es equivalente a una serpiente cada 25 horas. Las visitas con una abundancia relativa más alta fueron primavera 1 y 2, con 0.11 y 0.09 respectivamente; mientras que en otoño 1, no se registró ningún individuo. Durante verano 1, se realizó un esfuerzo mayor de muestreo (74.5 h), sin embargo, la abundancia relativa registrada (0.01) fue baja en comparación con el resto de las visitas que tienen un esfuerzo de muestreo similar (Tabla 3).



Figura 7. Vista de uno de los caminos en la Isla Sur. El pasto y los arbustos densos impidieron el ingreso a algunos sitios de la isla; además, dificultaron el muestreo nocturno. Fotografía: Jesús García Salazar, durante verano 1.

Tabla 3. Resultados del esfuerzo de muestreo de mayo a octubre de 2019 y la abundancia relativa de *Lampropeltis herrerae* en la Isla Todos Santos Sur.

Estación	Mes	Días	No. personas	No. Recorridos	Serpientes encontradas	Total h búsqueda	Abundancia relativa	
							Serpientes por hora	Equivalencia
primavera 1	MAY	4	2	8	3	28	0.11	1 serpiente c/ 9 h
primavera 2	JUN	4	2	7	2	22.5	0.09	1 serpiente c/ 11 h
verano 1	JUN/JUL	11	2	22	1	74.5	0.01	1 serpiente c/100 h
verano 2	AGO	4	2	8	1	24	0.04	1 serpiente c/25 h
verano 3	AGO/SEP	4	2	10	1	30	0.03	1 serpiente c/33 h
otoño 1	OCT	4	2	7	0	26.5	0.00	–
Total		31	2	62	8	205.5	0.04	1 serpiente c/25 h

El número de personas ya ponderado a dos por visita. El total de horas búsqueda es igual a la suma de las horas recorridas por dos personas durante el muestreo por visita. Equivalencia representada como una serpiente cada “x” horas calculadas. – sin datos.

Cinco individuos fueron encontrados en primavera, tres durante el verano y ninguno en otoño. La prueba de bondad de ajuste dio como resultado que la serpiente no muestra preferencia por alguna estación climática ($\chi^2 = 4.45$, $p > 0.05$, 2 grados de libertad; Anexo 7).

Las condiciones meteorológicas registradas en la isla durante las diferentes estaciones climáticas tuvieron un promedio de 19.8 °C y 27. 2 °C para primavera 1 y 2; 24.1 °C, 21.9 °C y 25.1 °C en verano 1-3 respectivamente; y 24. 9 °C en otoño. En cuanto al promedio del porcentaje de humedad relativa se obtuvieron valores de 70.8 % y 57.6 % en primavera 1 y 2; 61.4 %, 72.4 % y 71.2 % en verano1-3 respectivamente y 54.5 % en otoño. Para la velocidad del viento los valores promedio en las tres estaciones estuvieron entre 1.3 y 1.9 m/s (Anexo 8).

Los valores máximos y mínimos de la temperatura se registraron entre 19 y 35 °C, este último considerado como un valor atípico (Figura 8a). En el caso de la humedad relativa la variación fue entre 28 % (valor atípico) y 85 % y por último para la velocidad del viento se registraron valores de 0 m/s como mínimos y hasta 5 m/s máximos (valor atípico; Figura 8c). La Figura 8 muestra con mayor detalle la variabilidad de los valores registrados para las variables ambientales durante el periodo de muestreo.

Al correlacionar la abundancia relativa con las variables ambientales se obtuvo un valor de $r_s = -0.25$ para la temperatura, $r_s = 0.37$ para la humedad relativa y $r_s = -0.44$ para la velocidad del viento; en todos los casos, el valor de significancia (p) fue mayor a 0.05, por lo que no existió una correlación significativa entre la abundancia relativa y cada una de las variables ambientales (Figura 9).

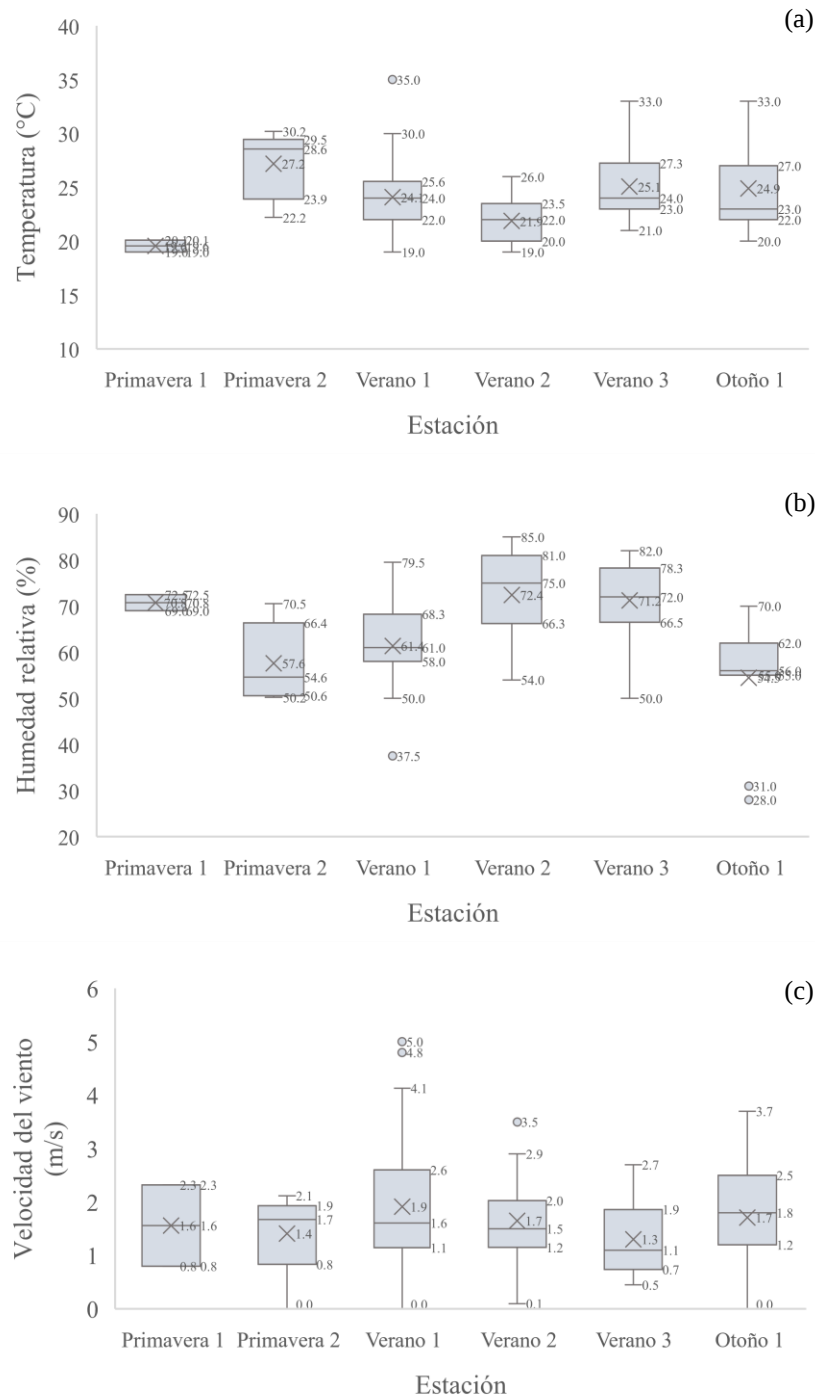


Figura 8. Variabilidad de (a) temperatura del aire, (b) humedad relativa y (c) velocidad del viento en la Isla Todos Santos Sur durante el muestreo de mayo a octubre de 2019. El tamaño de la caja contiene el 95 % de los datos. Las x marcan el promedio; la línea dentro de la caja indica el valor de la mediana; las líneas verticales muestran los intervalos de los valores mínimo y máximos. Los puntos muestran valores atípicos registrados.

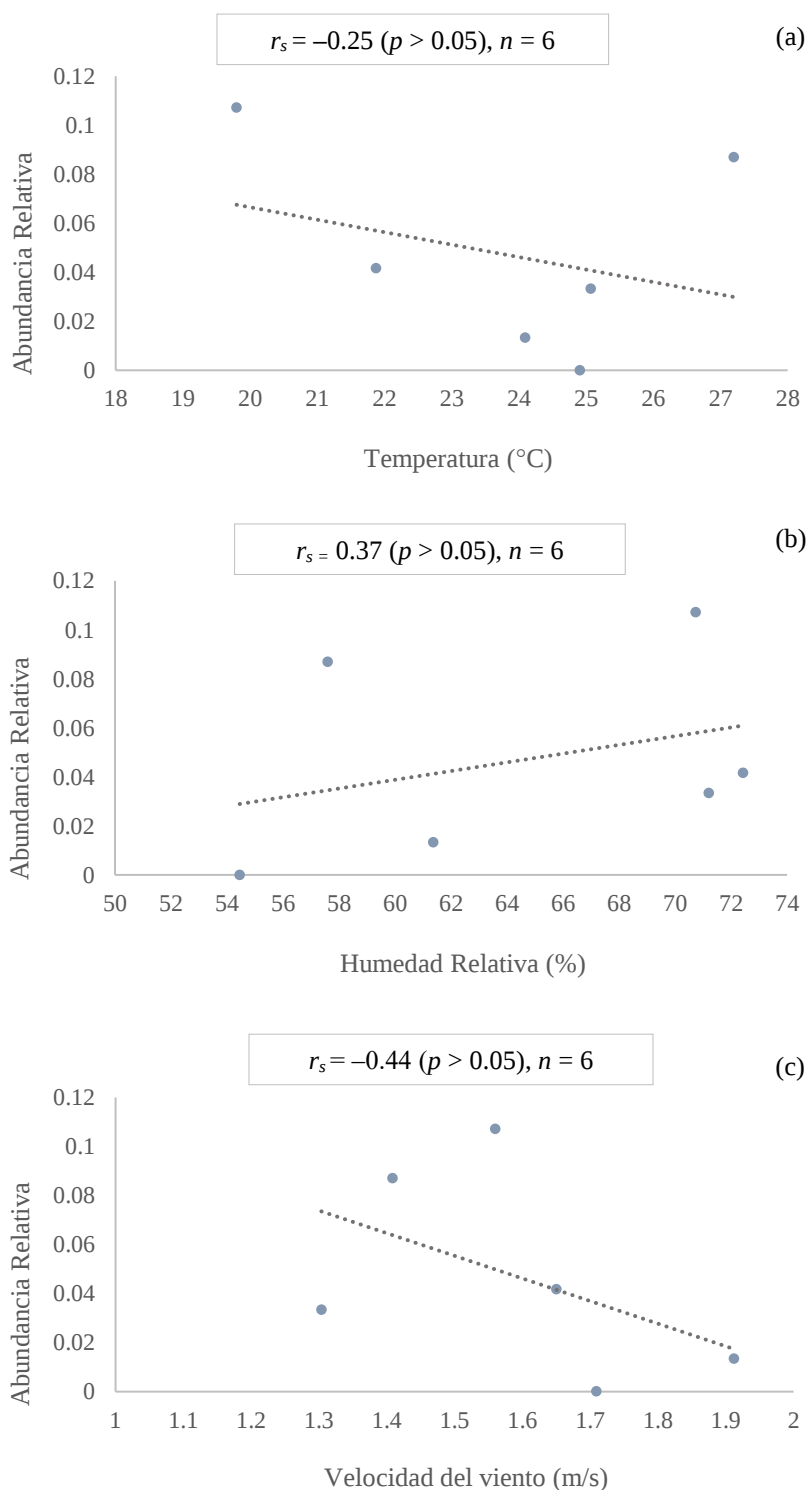


Figura 9. Coeficiente de correlación de Spearman de la abundancia relativa de serpientes encontradas en la Isla Todos Santos Sur, durante el muestreo de mayo a octubre de 2019, con las variables ambientales: (a) temperatura del aire, (b) humedad relativa y (c) velocidad del viento. Los valores en los recuadros muestran el cálculo de la correlación (r_s); el valor de p , el nivel de significancia del 5% (α 0.05) y el número de datos (n).

Datos biométricos y bionómicos de la serpiente

Por seguridad y discreción, no se muestran las localizaciones exactas de las evidencias de la serpiente. Se registró la presencia de ocho individuos y 13 mudas de *Lampropeltis herrerae*. Se encontraron seis individuos adultos (dos hembras y cuatro machos); dos juveniles (un macho y otro no determinado); ninguna cría, sólo una hembra grávida (S7) con cuatro bultos de tamaño muy similar (aprox. 45 mm largo) a lo largo del cuerpo, muy cerca de la cloaca. La proporción de sexos en los individuos con potencial reproductivo (adultos) es de 2 a 1 (M:H = 2:1). El ejemplar más pequeño fue un juvenil (S6) con una longitud total de 43 cm y un peso de 20 gramos; el más grande corresponde a una hembra (S7) con 101 cm de longitud total y un peso de 235 g (Tabla 4).

Todas las serpientes fueron encontradas durante los recorridos matutinos (entre las 10:30 y 14:00 h). Los individuos fueron observados en buenas condiciones, sin la presencia de parásitos externos. Los individuos S1 y S2 fueron encontrados juntos entre una roca y el pasto (*Avena* sp.). El tercer ejemplar (S3) fue encontrado oculto entre las rocas y preparándose para el proceso de cambio de piel (muda). Los individuos S4, S6 y S8 fueron vistos en movimiento; El cuarto individuo (S4) presentaba espinas de *Bergerocactus emoryi* en todo el cuerpo, mientras que el octavo ejemplar (S8) se dirigía a buscar refugio entre los cactus. La serpiente S5 al momento de capturarla regurgitó alimento, un ratón de la especie *Peromyscus maniculatus dubius*. Por último, la serpiente S7 se encontró refugiada entre las rocas (Figura 10). Algunos ejemplares y mudas presentaron escama supraocular y parietal fusionadas (Anexo 9).

Tabla 4. Información biométrica y bionómica de los ejemplares encontrados de *Lampropeltis herrerae* en la Isla Todos Santos Sur durante el muestreo realizado de mayo a octubre de 2019.

ID	Fecha	Hora	Sitio	Edad	Sexo	LHC	LC	LT	Peso	Actividad
S1	07-may-2019	10:30	Lm3	A	H	55	9.3	64.3	125	Oculto
S2	07-may-2019	10:30	Lm3	A	M	53	10.5	63.5	100	Oculto
S3	07-may-2019	13:00	Lm4	A	M	68.7	11.9	80.6	191	Oculto
S4	10-jun-2019	14:08	Lm2	A	M	76	13.5	89.5	205	En movimiento
S5	11-jun-2019	11:30	Lm3	J	M	43	8.2	51.2	92	Oculto
S6	01-jul-2019	01:30	Lm4	J	N/D	36	7	43	20	En movimiento
S7	14-ago-2019	12:10	Lm4	A	H	87	14	101	235	Oculto
S8	30-ago-2019	11:30	PN	A	M	49.5	8	57.5	65	En movimiento

ID, clave de identificación del ejemplar. Sitio, unidad fisiográfica donde fue ubicada la serpiente: Lm, Lomerío; PN, planicie norte. Edad: A, adulto; J, juvenil. Sexo: H, hembra; M, macho; N/D, no determinado. Medidas en centímetros; LHC, longitud hocico cloaca; LC, longitud de la cola; LT, longitud total. Peso expresado en gramos. Actividad, como fue encontrado el individuo.



Figura 10. Ejemplares de *Lampropeltis herrerae* capturados durante el muestreo de mayo octubre de 2019 en la Isla Todos Santos Sur. (a) Serpiente 1, S1. (b) Serpiente 2, S2. (c) Serpiente 3, S3; ejemplar en proceso de muda. (d) Serpiente 4, S4. (e) Serpiente 5, S5. (f) Serpiente 6, S6. (g) Serpiente 7, S7; hembra grávida. (h) Serpiente 8, S8. Fotografías: (f) y (h), Jesús García Salazar; (g) Fernanda Manriquez; el resto, Judith Pampa.

Telemetría

Se colocó un radio transmisor externo de ~2.7 g (Modelo BD-2 de HOLOHYL SYSTEMS Ltd.) en la parte ventral posterior de un ejemplar adulto de 205 g de peso (S4). El transmisor representó solo el 1.3 % del peso del ejemplar.

En primavera 2, el ejemplar fue rastreado por tres días consecutivos con un total de seis detecciones en primavera 2 (Figura 11). Los sitios donde fue detectado se centraron en la planicie entre el lomerío 1 y lomerío 2. Cinco de los puntos calculados por triangulación corresponden a sitios con arbustos densos; sólo un punto se ubicó en una pared de roca en la ladera este del lomerío 1, frente al lomerío 2. El último punto de rastreo, en primavera 2, fue entre arbustos de *Rhus integrifolia* a una altitud de 39 msnm y una pendiente de 10 grados cerca de la ladera este del lomerío 1.

Al regresar, en verano 1, se retomó la búsqueda por telemetría y el punto de detección correspondió a la misma pared de roca en la ladera este del lomerío 1, donde con anterioridad había sido detectado el ejemplar. Ese fue el último punto de rastreo (Anexo 10).



Figura 11. Seguimiento por telemetría de la serpiente 4 (S4) en Isla Todos Santos Sur durante la primavera de 2019. (a) Ejemplar con radio transmisor; (b) rastreo con antena Yagui y radio receptor. Fotografías: (a) Judith Pampa, (b) Jesús García Salazar.

Distribución espacial y análisis estadístico de datos del hábitat asociado

Con los siete puntos de rastreo por telemetría se obtuvo el Polígono Convexo Mínimo para el individuo S4, el cual fue de 918 m² que equivalen a un ámbito hogareño de 0.09 ha. Al calcular el Polígono Convexo Mínimo con los siete puntos donde se encontraron los individuos de *Lampropeltis herrerae*, se obtuvo que la densidad de serpientes es de ocho individuos en 2.3 ha (23,645 m²). El área calculada de la distribución de la población fue de 4.29 ha (42,979.5 m²), obtenida con los puntos de 11 registros de mudas y siete de ejemplares. Todas las evidencias fueron encontradas en la zona noreste de la isla (Figura 12).

En el caso de la selección o preferencia de un tipo de hábitat, lomerío o planicie, por parte de la serpiente, la prueba de bondad de ajuste realizada para los lomeríos (Lm) dio como resultado que la serpiente no muestra preferencia por alguno de estos sitios ($\chi^2 = 6.66$, $p > 0.05$, 4 grados de libertad; Anexo 11). En cambio, para las unidades fisiográficas planicies mostró preferencia por la planicie norte (PN) hacia el extremo este ($\chi^2 = 18$, $p < 0.05$, 3 grados de libertad; Anexo 12).

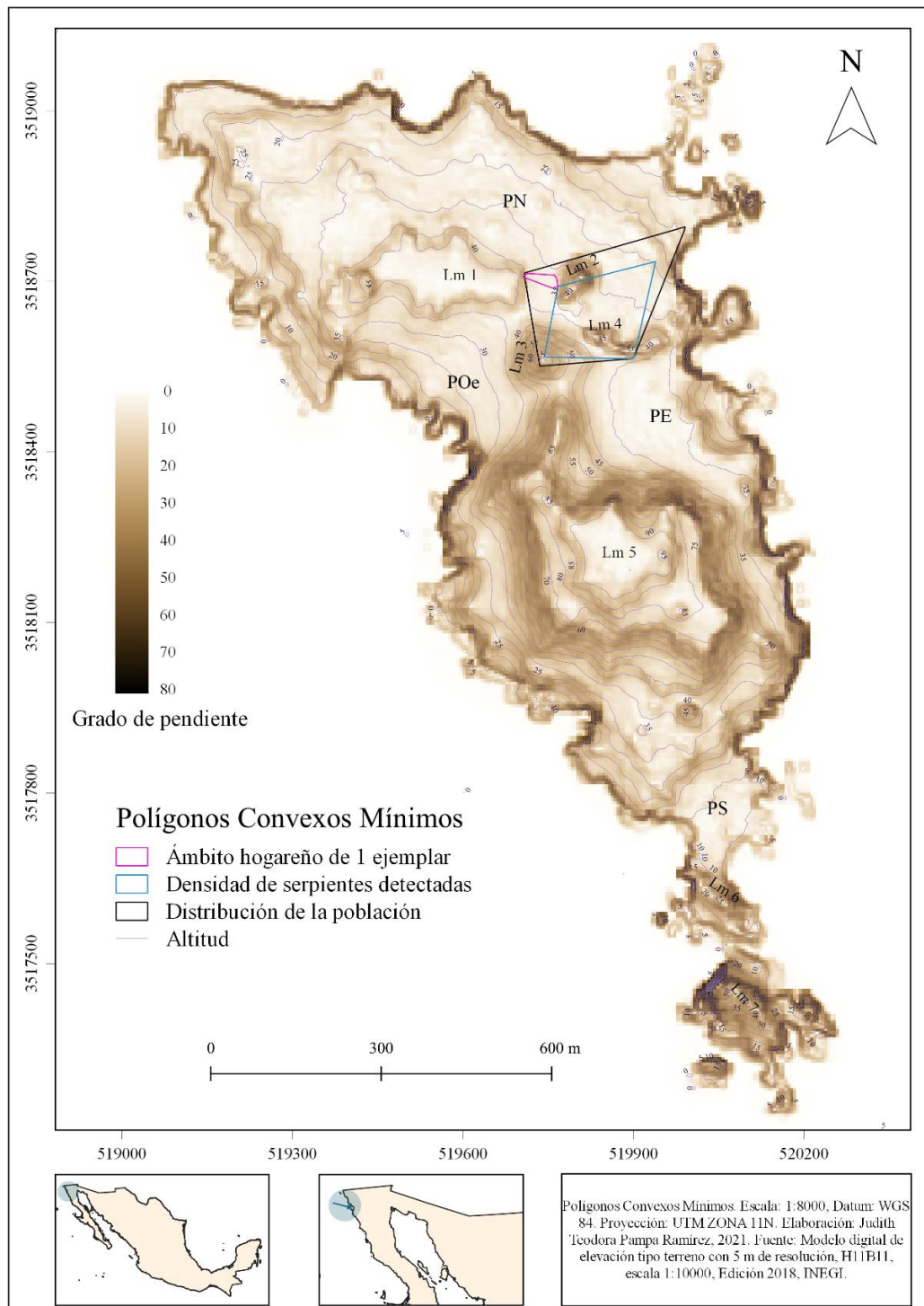


Figura 12. Distribución de la población de *Lampropeltis herrerae* en Isla Todos Santos Sur durante mayo a octubre de 2019. Los polígonos muestran las áreas calculadas para el ámbito hogareño, la densidad de serpientes y la distribución general de la población en la isla usando el método del Polígono Convexo Mínimo.

Evaluación del hábitat y análisis de amenazas

Descripción del hábitat y fuentes de disturbio

Se obtuvieron 18 cuadrantes de 1 m² (siete son de ubicaciones de serpientes y 11 de mudas) que representan hábitat utilizado por la serpiente. El hábitat de *Lampropeltis herrerae* está compuesto por una mezcla de arbustos y herbáceas donde el 88 % de los puntos presenta una cobertura vegetal de entre el 40 y el 100 %. El tipo de sustrato varía en cuanto a la cantidad de los componentes; con excepción de tres puntos (los de S3 y S7) todos presentan dos o más elementos entre hojarasca (HOJ), tierra o suelo (SUE), grava (GRA) y rocas (ROC). Los puntos con rocas (ROC) hacen referencia a elementos con más de 5 cm de diámetro. El hábitat presenta pendientes de moderadas a fuertes (5 a 30 grados); solo un punto (S6) es plano (Tabla 5; Figura 13).

Se registraron 14 especies de plantas en 14 cuadrantes de hábitat con cobertura vegetal. El 60 % del componente florístico es arbustos con una altura de entre 50 y 99 cm; el resto tiene una forma de crecimiento de tipo herbáceo. Alrededor del 80 % de las coberturas fueron entre 5 y 9 en la escala van der Maarel. Las especies con mayor cobertura, con valor de 7-9, fueron *Rhus integrifolia*, *Encelia californica*, *Bergerocactus emoryi*, *Acmispon glaber*, *Mesembryanthemum crystallinum* y *Avena* sp., estas dos últimas son especies introducidas invasoras (Anexo 13).

Tabla 5. Características físicas del hábitat de *Lampropeltis herrerae* en cuadrantes de 1 m² (1 x 1 m) en Isla Todos Santos Sur durante el muestreo de mayo a octubre de 2019.

Generales ID	sitio	COB VEG %	A PLANTA cm	Sustrato %				ALT msnm	Pendiente (grados)	Orientación N/S/E/O
				HOJ	SUE	GRA	ROC			
S1, S2	Lm3	100	100	5	20	50	25	58	30	NE
S3	Lm4	0	N/A	0	0	0	100	43	20	S
S4	Lm2	85	85	0	15	0	85	36	10	O
S5	Lm3	50	92	0	10	0	90	70	15	NE
S6	Lm4	0	N/A	0	60	0	40	42	0	N
S7	Lm4	0	N/A	0	0	0	100	43	20	S
S8	PNe	90	85	30	50	90	10	26	10	NE
M1	Lm2	100	50	80	0	0	20	32	20	NO
M2	Lm1	95	99	30	0	20	50	40	25	NE
M3	Lm2	100	50	80	0	0	20	34	20	NO
M4	Lm4	0	N/A	0	10	10	80	46	20	SOe
M5	Lm1	100	90	5	0	0	100	46	25	NE
M6	Lm3	40	10	0	15	0	85	68	25	S
M7	Lm4	50	65	25	0	0	75	47	20	S
M8	PNe	100	97	50	0	50	0	16	5	NE
M9	PNe	100	30	50	0	50	0	13	5	NE
M10-12	PNe	100	60	90	5	5	0	16	10	NE
M13	Lm4	50	40	0	50	50	0	40	30	S

ID, Clave de identificación del punto que corresponde a S: serpiente y M: muda. COB VEG, porcentaje de cobertura vegetal. A PLANTA, altura que alcanzó la cobertura vegetal en cm. HOJ, hojarasca; SUE, suelo o tierra; GRA, grava (rocas entre 1 y 5 cm de diámetro); ROC, rocas > 5 cm de diámetro. ALT, altitud, metros sobre el nivel del mar. Pendiente en grados y orientación de la ubicación del cuadrante (norte, sur, este, oeste, etc.).



Figura 13. Hábitat de *Lampropeltis herrerae* en los muestreos con cuadrantes de 1 m² (1 x1 m). En las fotografías se muestra el sitio donde se encontraron evidencias de la serpiente que corresponden a: (a) serpiente 1 y 2; (b) serpiente 4; (c) serpiente 3 y 7; (d) muda 6; (e) muda 8 y (f) muda 13. Fotografías: Judith Pampa.

Se registraron 15 especies de plantas en las seis parcelas de 100 m² (10 x 10 m). Aproximadamente el 50 % del componente florístico presentó una forma de crecimiento arbustiva y con una altura de entre 80 y 170 cm; el resto tiene una forma de crecimiento de tipo herbáceo, algunas de ellas rebasan los 50 cm de altura. El grado de cobertura de cada especie fue muy variable; las especies con mayor cobertura, entre 7-9 en la escala van der Maarel, fueron *Malosma laurina*, *Rhus integrifolia*, *Encelia californica*, *Bergerocactus emoryi*, *Euphorbia misera*, *Mesembryanthemum crystallinum* y *Avena* sp. Las especies con menor presencia fueron *Phacelia ixodes*, *Marah macrocarpa* y *Solanum americanum* (Tabla 6).

Entre las principales características del hábitat se encontró que el 50 % de las parcelas presentan composición florística similar (coeficiente de similitud de Jaccard $\geq$ 0.5; Figura 14). Al evaluar el estado del hábitat se encontró que todas las parcelas presentan algún tipo de disturbio (50 % de tipo humano, 17 % natural y el 33 % ambos). Caminos, basura y plantas introducidas, con una cobertura entre el 30 y 65 % o 7 y 8 en la escala van der Maarel, fueron el tipo de disturbio más común, de los cuales el 50 % son de intensidad media (Tabla 7).

Tabla 6. Listado florístico del hábitat donde se detectó a *Lampropeltis herrerae*. El muestreo de las parcelas de 100 m² (10 x 10 m) se realizó durante la última visita a la Isla Todos Santos Sur (octubre de 2019). El valor de la cobertura se presenta de acuerdo con la escala van der Maarel (1979).

Familia	Especie	Nombre común	FC	AL	Valor de Cobertura					
					P1	P2	P3	P4	P5	P6
Aizoaceae	<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> *	Escarcha afroasiática	H, S	20		3	7	8		
Anacardiaceae	<i>Malosma laurina</i>	Lentisco	A	102	7					
	<i>Rhus integrifolia</i>	Saladito	A	170	4	7			6	
Asteraceae	<i>Artemisia californica</i>	Artemisa de California	A	95		5				
	<i>Encelia californica</i>	-	A	111	7	1	5	2	5	
	<i>Hazardia berberidis</i>	-	A	126	5	6			5	
	<i>Leptosyne maritima</i>	-	H	60				2		
Boraginaceae	<i>Phacelia ixodes</i>	-	H	79	1	2			2	
Cactaceae	<i>Bergerocactus emoryi</i>	Órgano aterciopelado	A, S	86	7					
	<i>Opuntia oricola</i>	Nopal de montaña	A, S	91					6	
Cucurbitaceae	<i>Marah macrocarpa</i>	Chilicothe	H	10		1				
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia misera</i>	Liga	A, S	100	6	5			7	
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> *	Malva de castilla	H	67			5	2		2
Poaceae	<i>Avena sp.</i> *	Avena	H	80	3	7	7	1	2	
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> *	Hierba mora	H	71						1

* Especies introducidas. FC, forma de crecimiento; A arbustiva; H, herbácea; S, suculenta. AL, altura máxima registrada en la parcela. P corresponde a la clave de identificación de la parcela, donde: P1, sitio de serpiente 8; P2, sitio de serpiente 4; P3, sitio de serpiente 1 y 2; P4, sitio de serpiente 5; P5, sitio de serpiente 3 y 7; P6 sitio de serpiente 6.

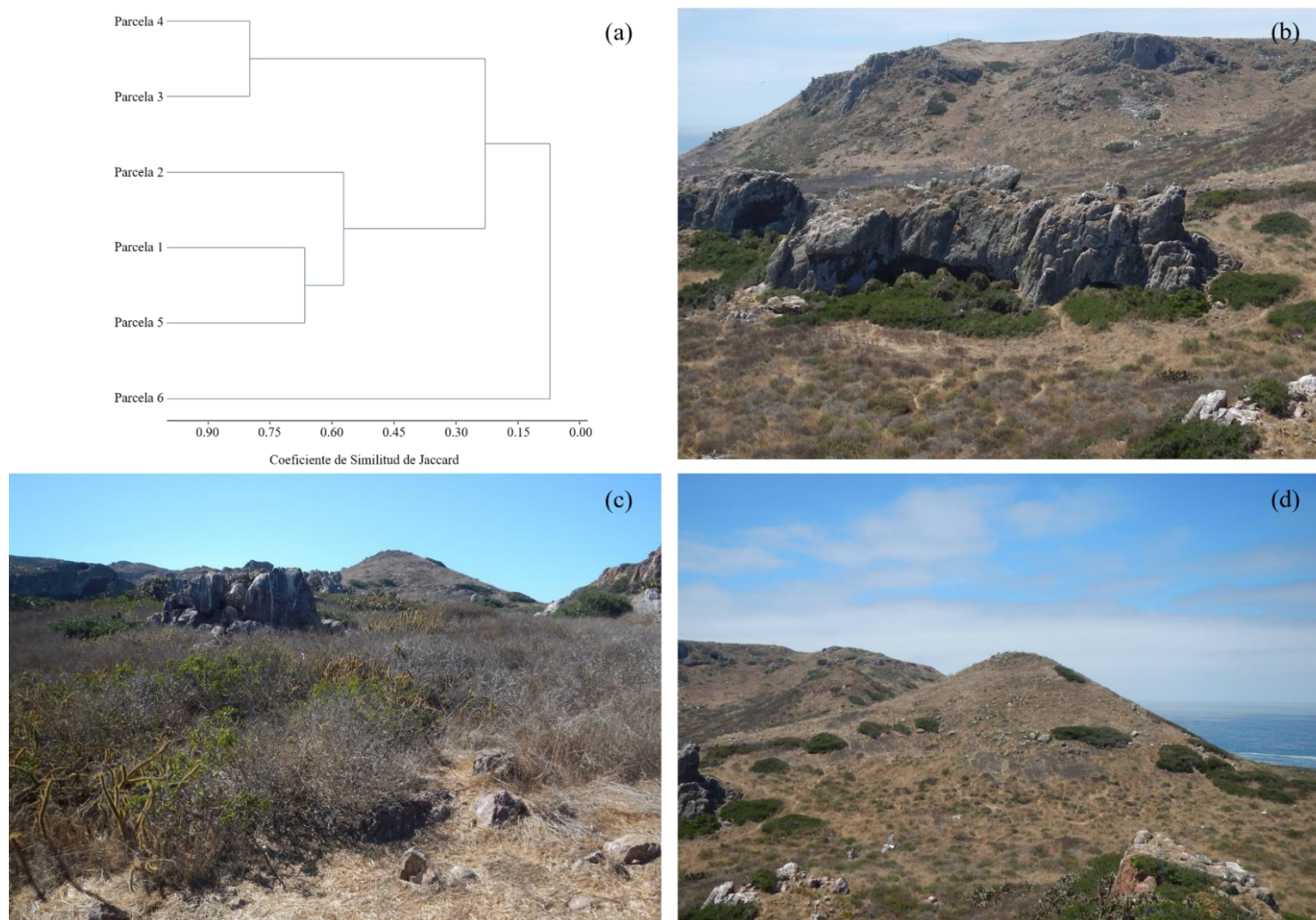


Figura 14. Hábitat de *Lampropeltis herrerae* en Isla Todos Santos Sur. (a) Coeficiente de similitud del hábitat. (b) Zona de la parcela 6. (c) Zona de la parcela 1. (d) Zona de las parcelas 3 y 4. Fotografías: Judith Pampa.

Tabla 7. Tipo y grado de perturbación encontrados en el hábitat de *Lampropeltis herrerae* durante el último muestreo, octubre de 2019, en la Isla Todos Santos Sur.

Tipo y grado de perturbación	Sitio					
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
Perturbado (si, no)	si	si	si	si	si	si
Tipo (N, H)	H	N/H	N	N/H	H	H
Tipo de disturbio humano	Basura Camino	Basura Camino	-	Basura	Camino	Basura Camino
Tipo de disturbio natural	-	Presencia de <i>Avena</i> sp. (30%)	Presencia de <i>Avena</i> sp. (50%) y <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> (50%)	Presencia de <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> (65%)	-	-
Intensidad de la perturbación	Baja	Media	Alta	Media	Baja	Media

Tipo: N, natural; H, humano. Entre los principales tipos de basura encontrados en las parcelas se registraron botellas de vidrio, latas de aluminio, tapas de botellas y envolturas de plástico. Correspondencia de las parcelas: Parcela 1 a serpiente 8; Parcela 2 a serpiente 4; Parcela 3 a serpiente 1 y 2; Parcela 4 a serpiente 5; Parcela 5, a serpiente 3 y 7; Parcela 6 a serpiente 6.

Se obtuvo un listado que describe los principales disturbios-amenazas para el hábitat y la serpiente encontrados durante el trabajo de campo en la isla, así como los comentados por los informantes consultados (Anexo 14 y 15). Entre las principales afectaciones se encontró la presencia de plantas exóticas que llegaron a cubrir más del 50 % de la superficie de la isla (Anexo 15). También se registró un ejemplar, no vivo, de rata casera o negra (*Rattus rattus*) que posiblemente fue transportado a la isla por una gaviota (*Larus* sp, Anexo 16).

Otra de las amenazas es la presencia de trampas ilegales, aparentemente abandonadas, que representan un peligro para los animales que pueden quedar atrapados en ellas. Por último, durante las estancias en la isla, se registró el desembarco de turistas; además, durante los recorridos y cerca de los senderos, se observaron latas de aluminio, botellas de vidrio, plástico y empaques de alimentos. Se sospecha que han sido dejados por quienes ingresan a la isla a través del tiempo (Anexo 15).

Evaluación de impactos-amenazas

Se obtuvo una ficha justificativa con los atributos del objeto de conservación (Isla Todos Santos Sur; Anexo 17). Para la evaluación de los impactos, se obtuvieron cinco principales amenazas que fueron valoradas por su severidad entre 0.5 y 1, así como por su alcance, puntuación entre 0.5 y 4. Se contabilizaron las siete principales causas de los impactos con valores promedio de entre 0.5 y 4. El valor total de las amenazas fue de 70.5 puntos, siendo el de mayor contribución la presencia de especies exóticas en la isla con un valor de 40.5 entre la dispersión de forma natural y por humanos (Tabla 8).

Tabla 8. Evaluación de impactos y amenazas encontrados en la Isla Todos Santos Sur durante el muestreo de mayo a octubre de 2019.

1) Objeto de conservación	Contribución	Rareza	Calidad	Carisma	Promedio		
Isla Todos Santos Sur	4	2	2	4	3		
2) Impacto	Severidad/ Alcance	Promedio Impacto	3) Causas/amenazas		Actual/ futuro	Promedio Causas	Puntos Impactos
Disturbios en el hábitat	1/1	1	Fuego		0.5/2	1.25	3.75
			Caminos que utilizan los usuarios		4/2	3	9
			Desechos sólidos (basura)		1/1	1	3
Presencia de especies exóticas	2/4	3	Dispersión por aire y fauna		4/4	4	36
			Dispersión por humanos		0.5/0.5	0.5	4.5
Colecta ilegal	0.5/0.5	0.5	Presencia de trampas abandonadas		4/1	2.5	3.75
Contaminación por desechos sólidos	1/1	1	Basura por usuarios y visitantes		4/2	3	9
			Basura por dispersión del aire y mareas		0.5/0.5	0.5	1.5
AMENAZA TOTAL AL SISTEMA							70.5

La amenaza total al sistema es la sumatoria de los puntos de los impactos que resultan de la multiplicación del promedio del objeto de conservación, con el promedio del impacto y con cada promedio de las causas. Por ejemplo, promedio de “Isla Todos Santos Sur” (3); multiplicado por el promedio del impacto “disturbios en el hábitat” (1); multiplicado por promedio de la causa “camino que utilizan los usuarios” (3). Resultado: $3 \times 1 \times 3 = 9$.

Método de evaluación de riesgo

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de la aplicación del Método de Evaluación de Riesgo para la especie *Lampropeltis herrerae*. La ficha completa de la propuesta de inclusión se puede consultar en el Anexo 18.

Tras realizar el Método de Evaluación de Riesgo de las Especies Silvestres en México (MER) se encontró que la serpiente rey o culebra real de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) se encuentra en Peligro de Extinción (P). La justificación se basó en que la especie se encuentra con una distribución restringida que representa menos del 0.01% del territorio nacional. Además, se encuentra en riesgo debido a la vulnerabilidad biológica intrínseca de la especie, que incluye una población con abundancia relativa baja; a los posibles impactos antropogénicos que ejercen presión sobre ella y a los cambios que ha sufrido su hábitat, entre los que destacan la introducción de especies exóticas invasoras.

Propuesta de manejo

Con base en los resultados obtenidos se realiza la siguiente propuesta de manejo para la conservación de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) en Ensenada, Baja California, México. La propuesta incluye la incorporación de la información biológico-ecológico, amenazas y el estado de conservación de la especie en el marco de políticas públicas como la Norma Oficial Mexicana y los Planes de Manejo de Áreas Naturales Protegidas (Figura 15; Tabla 9 y 10).

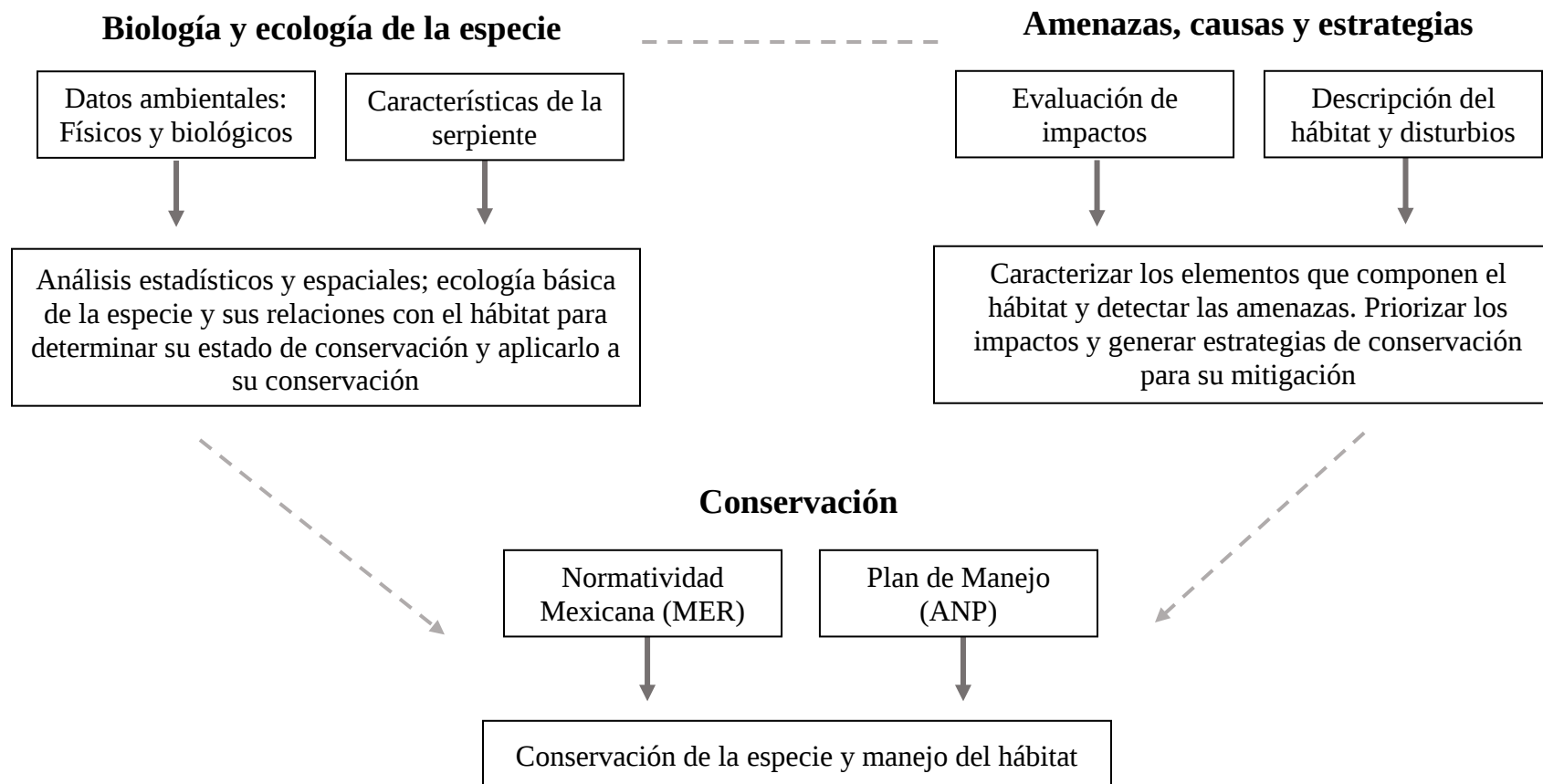


Figura 15. Modelo conceptual de la propuesta de manejo para la conservación de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) en Ensenada, Baja California, México.

Tabla 9. Información requerida sobre la biología y ecología de la especie con base en el modelo propuesto por Jenkins et al. (2009) para la conservación de serpientes y los principios generales del manejo integral de reptiles según el criterio de Pike (2016).

Lo que se hizo	Continuidad	Consideraciones
Información ambiental - Datos ambientales físicos: obtención de la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento. Tipo de sustrato. - Datos biológicos: descripción del hábitat, vegetación asociada.	Monitoreo del hábitat y de la serpiente - Se requiere del monitoreo a corto y mediano plazo para detectar posibles cambios en la población y el hábitat de la serpiente.	- Financiamiento. - Inicio temprano del monitoreo, se recomienda desde marzo. - Traslados a la isla. - Contratiempos por el estado del tiempo.
Información de la serpiente - Abundancia relativa. - Preferencias de hábitat. - Información biométrica y bionómica. - Estacionalidad. - Condiciones reproductivas. - Coordenadas de evidencias/sitios de captura.	Manejo de la población - Continuar con el conocimiento básico de la biología y ecología de la especie. - Estudio genético para completar el estado de la población y la identificación de la divergencia genética adaptativa (Robertson et al., 2014). - Estudio para determinar cuántas serpientes puede soportar la isla (capacidad de carga).	- Personal. - Logística: permisos de SEMARNAT, SEGOB, Reserva. - Objetivos claros y su constante actualización. - Vigilancia de resultados: los presentados en esta primera aproximación, así como los futuros en el corto y mediano plazo.

Análisis estadístico y espacial del hábitat

- Correlaciones con variables ambientales.
- Distribución espacial.
- Densidad.

Protección legal

- Dar continuidad a la propuesta de inclusión de la especie en la NOM-059-SEMARNAT.

Aplicaciones para la conservación

- Determinación del estado de conservación y protección para la especie (Anexo 18).
- Análisis de amenazas (Tabla 10).

Protección del hábitat

- Llevar a cabo las acciones contempladas en el apartado impactos y fuentes para garantizar la disminución de los disturbios en el hábitat.
-

El monitoreo del hábitat y la población tiene competencia dentro del subprograma Conocimiento, de los Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas, en el componente Fomento a la Investigación y Generación de Conocimiento, así como en el componente Líneas Base y Monitoreo Ambiental. En conjunto la Reserva, Academia y las Organizaciones de la Sociedad Civil pueden llevar a cabo la continuidad del monitoreo biológico-ecológico de la serpiente.

Tabla 10. Estrategias identificadas para el manejo de los impactos en Isla Todos Santos Sur y su aplicación dentro de los componentes de los subprogramas de Conservación y Manejo de los Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas.

Impacto	Causas	Origen	Componentes de conservación y manejo	Estrategia/acción	Prioridad	Responsables
Disturbios en el hábitat	Fuego	Interno N/H	Prevención y control de incendios y contingencias ambientales	Monitoreo para la detección de incendios.	Baja	Reserva, Protección Civil, Marina
	Caminos que utilizan usuarios/ Visitantes	Interno H	Inspección y vigilancia, Turismo y uso público	Monitoreo para detección de desembarco no autorizado. Ordenamiento de la actividad turística.	Alta	
	Desechos sólidos	Interno H		Señalamiento y restricción de acceso a zonas con presencia de la especie. Capacitación a los usuarios sobre no dejar huella en áreas naturales.	Alta	
Presencia de especies exóticas	Dispersión por aire y fauna	Interno/ Externo N	Protección contra especies invasoras y control de especies nocivas	Monitoreo preventivo de introducción de especies.	Alta	Reserva, OSC, Empresas, Academia
	Dispersión por humanos	Interno H		Implementación de medidas de bioseguridad insular y capacitación constante a los usuarios.		
				Programa de control, y monitoreo de plantas exóticas invasoras		

Vigilancia y monitoreo de los ingresos a la isla.						
Colecta ilegal	Presencia de trampas abandonadas	Interno H	Inspección y vigilancia	Plan para la detección de desembarcos no autorizados.	Media	Reserva, Marina, SCT,
Monitoreo para la detección de trampas y su retiro						
Contaminación por desechos sólidos	Basura por usuarios/ visitantes	Interno H	Sensibilización, conciencia ciudadana y educación ambiental	Coordinación interinstitucional.	Alta	Reserva, OSC, Empresas, Academia
	Basura por dispersión del aire y mareas	Externo N		Capacitación a los usuarios sobre no dejar huella en áreas naturales. Diseño de programas de divulgación y educación ambiental (Anexo 19).		

Origen: N, natural; H, humano. Responsables: Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California; OSC, Organizaciones de la Sociedad Civil; Empresas con concesiones en el Archipiélago y/o en la Bahía Todos Santos, Empresas Turísticas; SCT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de Capitanía de Puerto; Academia, Universidades, Centros de Investigación en Ensenada.

DISCUSIÓN

Ecología y estado de conservación de la especie

El estado de conservación actual de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) es en peligro de extinción. Se encontró que la especie presenta una densidad de ocho serpientes en 2.3 ha, que equivaldrían a aproximadamente 15 serpientes en 4.29 ha, que corresponden a la distribución calculada de la población dentro de la Isla Sur. La densidad de *Lampropeltis herrerae* es baja, y muy lejos de ser una densidad encontrada en otras especies insulares. Martins et al. (2008) encontraron una densidad alta de *Bothrops insularis* que corresponde a 52 serpientes por ha en una isla pequeña, de apenas 43 ha de superficie; además, mencionan que esa densidad es muy similar a la encontrada en otras especies insulares.

La abundancia relativa calculada para *Lampropeltis herrerae*, de mayo a octubre de 2019, fue de 0.04 serpientes/hora. La estimación más alta se presentó durante la primavera (0.11 y 0.09 serpientes/hora) que coincide con el periodo de mayor actividad de la serpiente (Grismer, 2002); sin embargo, al correlacionar las abundancias relativas con la estacionalidad ($\chi^2 = 4.45$, $p > 0.05$) la serpiente no mostró preferencia por alguna estación climática del muestreo, puede ser encontrada en cualquier época (Heimes, 2016) aunque posiblemente con menor actividad. Así mismo se determinó que la abundancia relativa de esta serpiente no está correlacionada con las variables ambientales ($p > 0.05$).

Cabe señalar que la mayor parte del muestreo fue matutino y limitado a las zonas de acceso debido a las aves marinas anidantes y a la alta densidad de los pastos no nativos (*Avena* sp. y *Bromus* sp.) por lo que no se descarta que esta situación influyera en la

cantidad de serpientes detectadas; además, es conocido que en verano el avistamiento de la serpiente hermana, *L. zonata*, es menor debido a su actividad crepuscular (Heimes, 2016; Nafis, 2000-2021), situación que podría aplicar para *L. herrerae*.

La proporción de sexos en los individuos adultos encontrados está sesgada hacia los machos (M:H= 2:1); sin embargo, algunas especies de serpientes pueden presentar este sesgo debido a la variación estacional en la actividad de machos y hembras al momento de su captura (Iverson, 1990). Las longitudes hocico-cloaca registradas en las serpientes en la isla coinciden con las reportadas para las serpientes del grupo (entre 50 y 80 cm longitud hocico-cloaca; Greene y Rodríguez-Robles, 2003). Se han reportado roedores dentro de la dieta de las serpientes de este género (Heimes, 2016), pero es la primera vez que se registra al ratón de Isla Todos Santos (*Peromyscus maniculatus dubius*) como parte de la dieta de *L. herrerae*.

A la hembra grávida, encontrada a finales del verano, se le palparon cuatro huevos de aproximadamente 45 mm, tamaño similar al reportado de los huevos de las serpientes del grupo (Tryon y Murphy, 1982); la puesta en esta fecha puede ser tardía o una segunda puesta (Tryon y Murphy, 1982).

El número bajo de detecciones (comparado con otros estudios, por ejemplo, Plummer, 2010) de la serpiente rey en la isla mediante la técnica de telemetría podría ser usado con fines descriptivos para obtener un mínimo del ámbito hogareño de la serpiente, el cual fue de 0.09 ha. En cuanto al uso de los transmisores externos, se presentan dificultades como la pérdida de los mismos y un aumento en la manipulación de los individuos (Riley et al., 2017); además, la cercanía entre los lomeríos en la Isla Sur dificulta

la recepción y produce un efecto de “rebote” de la señal, por lo que no se recomienda su uso en la isla, ni de los implantes internos, ya que resultan ser más invasivos y no recomendados para especies amenazadas (Beaupre et al., 2004).

Evaluación del hábitat y amenazas

Las evidencias encontradas (mudas e individuos) muestran que la población de la serpiente rey se encuentra distribuida en la parte noreste de la isla. Las unidades fisiográficas donde la mayoría de las evidencias fueron encontradas presentan pendientes de moderadas a fuertes (5-30 grados) y altitudes de 10 a 70 m. Estos sitios corresponden a las laderas NE y S de los lomeríos 2, 3 y 4 pero sin preferencia por alguno de ellos ($\chi^2 = 18$, $p > 0.05$), así como en la parte este de la Planicie Norte; los resultados de la prueba de bondad de ajuste indicaron una preferencia en la selección de este último hábitat ($\chi^2 = 18$, $p < 0.05$) en comparación con el resto de las planicies. Además, estas preferencias de hábitat podrían estar relacionadas a la exposición solar del hábitat respecto a su orientación (Auslander et al., 2003), así como a la exposición del viento; en la cara suroeste de la isla (ladera a barlovento) se registraron las velocidades del viento más altas, en el orden de 5 m/s.

La distribución y selección del hábitat de la serpiente parece estar relacionada con los sitios rocosos (Grismer, 2002) pero no sólo al interior de isla si no también al extremo noreste. Estas zonas le sirven de sitios de alimentación y refugio tanto para la puesta de huevos como para el cambio de piel (proceso de muda).

Entre las principales características del hábitat se encontró que la mayoría de estas zonas son rocosas y cubiertas de vegetación: más del 70 % de las localizaciones presentan cobertura vegetal de entre el 50 y el 100 %. Los hábitats/parcelas evaluadas son similares, el 50 % con un coeficiente de similitud ≥ 0.5 , relacionado a especies generalistas o diversidad beta baja (Escofet, 1994).

Los cuatro principales impactos en el hábitat de la serpiente: disturbios, presencia de especies exóticas invasoras, colecta ilegal y contaminación por desechos sólidos, presentan causas de origen interno y humano, relacionadas a las actividades que se realizan dentro de la isla por los diferentes grupos que incluyen a usuarios (empleados de *Pacífico Aquaculture*, personal que realiza monitoreo biológico) y visitantes (turistas que desembarcan sin permiso). Además, son de las principales amenazas para las serpientes (Gibbons et al., 2000) y de las especies insulares de manera general (Tershy et al., 2015).

Dentro de los impactos, llama la atención, la presencia de plantas exóticas, con una puntuación de 40.5/70. Una de estas plantas es la suculenta invasora, de origen sudafricano, *Mesembryanthemum crystallinum* que se encuentra en la lista de especies exóticas invasoras para México (DOF, 2016a); esta especie junto con la gramínea exótica *Avena* sp., cubren gran parte de la superficie de la isla. Existe un efecto de reducción significativa en la abundancia de reptiles y mamíferos con la presencia de plantas exóticas invasoras en ecosistemas de matorrales (Schirmel et al., 2016) como el de la isla, afectando así a la serpiente y sus presas.

A pesar de que la isla del presente estudio se encuentra libre de vertebrados exóticos invasores, estos pueden ser trasladados desde el continente como el caso del ejemplar de

Rattus rattus, encontrado durante el muestreo y que pudo ser llevado de manera no intencional a la isla por una embarcación o de forma accidental por un ave. Por lo que es necesario realizar muestreos para la detección temprana y prevenir su introducción ya que existe un arribo/flujo constante de embarcaciones que llegan a la isla. Durante el muestreo de la serpiente no se detectaron más ejemplares; además se realizó el reporte a GECI quien comenzó con el monitoreo para la detección de roedores exóticos en islas.

En cuanto a la colecta ilegal, no fue posible determinar si la extracción aún persiste. Sin embargo, la presencia de trampas abandonadas sigue representando un riesgo no sólo para la serpiente, sino también para todos aquellos animales que quedan atrapados y mueren por no poder salir de ellas.

Los disturbios en el hábitat incluyen el fuego, los caminos-senderos y la basura. El primero es un impacto natural que ha dejado evidencias en algunos sitios cercanos a las ubicaciones de la serpiente; los segundos son causados por las actividades humanas, el uso constante y/o creación de nuevos caminos causan la fragmentación del hábitat de la serpiente, que, aunque no sea a gran escala, existe (durante los recorridos se observaron nuevos caminos, posiblemente realizados por los visitantes). Además, el incremento de estas actividades puede influir en la disminución de la vegetación nativa; por ejemplo, el pisoteo humano puede favorecer el crecimiento de especies invasoras que desplazan a las plantas autóctonas (Leyva et al. 1997). Para el caso de la basura, esta produce contaminación, así como acumulación de material que puede servir para la propagación del fuego.

Estrategias para la conservación de la serpiente y su hábitat

La información mínima requerida para elaborar la propuesta de inclusión de *Lampropeltis herrerae* en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT incluyó: su distribución a nivel nacional, el estado del hábitat con relación a su desarrollo, su vulnerabilidad intrínseca, así como los impactos humanos que ejercen presión sobre ella. Para ello fue necesario recopilar los datos físicos y biológicos del hábitat y las características (ecología) de la especie; analizar estos datos (descriptiva, espacial y estadísticamente) para aplicarlos a esta herramienta de conservación.

La propuesta de manejo para la conservación de *Lampropeltis herrerae* incluye información dentro del modelo conceptual propuesto por Jenkins (2009). Así mismo, la descripción del hábitat sigue el criterio de Escofet (1994) y la valoración de los impactos a través de una escala geométrica estandarizada (Andrade et al., 1999), de esta forma se consideran los principios del manejo integral para la conservación de los reptiles que incluye la biología y ecología de la especie, la valoración del hábitat y la amenazas que enfrenta (Pike, 2016). En este caso, a través de la mitigación de los impactos para la protección de la especie y su hábitat.

Con base al patrón de distribución espacial, se puede considerar a *Lampropeltis herrerae* como una especie de escala local, pero que su supervivencia a largo plazo requiere de un área de conservación funcional, que mantenga los procesos ecológicos y a las especies dentro de sus rangos naturales de variabilidad (Poiani y Richter, 1999). Aun cuando su escala es local, su incidencia en las políticas de conservación tiene cabida a nivel nacional dentro del marco de la Norma Oficial Mexicana y los Programas de Manejo de

las Áreas Naturales Protegidas (el MER y el programa de manejo de la Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California).

Las acciones identificadas para la mitigación de los impactos, así como la continuidad del monitoreo de la especie, pueden llevarse a cabo dentro de los Subprogramas de Conservación y Manejo de las Áreas Naturales Protegidas. Es por esta razón que se canalizan al Programas de Manejo de la Reserva, de esta forma se puede vincular e incorporar a todos los sectores: gobierno, organizaciones de la sociedad civil, empresas y la academia.

CONCLUSIONES

Este trabajo es la primera contribución al manejo de la especie endémica insular serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*).

A pesar de que se conoce poco sobre la biología de la especie, los datos que se lograron recabar durante el trabajo de campo, de mayo a octubre de 2019, más su posterior análisis, permitieron realizar un diagnóstico del estado de conservación de la especie a través del Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER), lo que dio como resultado que la especie actualmente se encuentra En peligro de extinción (P).

Gracias al manejo integral de la información es que se logró realizar la propuesta de manejo que incluye tres aspectos importantes en la conservación de reptiles, particularmente de serpientes: la ecología básica de la especie (índices de abundancia relativa, preferencias de hábitat), la valoración de su hábitat y las amenazas que enfrenta (descripción de los sitios que utiliza, la valoración de los impactos y su mitigación). Además, se logró la vinculación con diferentes sectores y el trabajo tiene incidencia en las políticas públicas de conservación.

Es importante que se continúe con el monitoreo de la serpiente, para evaluar la tendencia de la población y conocer más de su historia natural y ecológica. Conjuntamente, se debe contemplar el estado genético de la población para mejorar las medidas de manejo de la especie.

Aun cuando se encontraron pocos ejemplares, no se descarta que existan más. El nivel de observación bajo pudo ser por las condiciones del hábitat: plantas introducidas y

las herbáceas anuales cubriendo densamente la isla. Se requiere un estudio específico para evaluar el efecto de las plantas exóticas invasoras sobre la flora y fauna del hábitat; además, y de manera prioritaria, tomar medidas para su control y erradicación. Así mismo se deben disminuir los impactos humanos que ponen en riesgo a la serpiente y su hábitat. Para ello se debe reforzar la vigilancia de las medidas de bioseguridad insular, para evitar la introducción de especies exóticas, así como la regulación y vigilancia de los desembarcos no autorizados a la isla para evitar que continúe la perturbación en el hábitat de la serpiente. Además, se debe comenzar con medidas acertadas de educación ambiental y divulgación para su conservación entre los posibles grupos de usuarios de la isla.

Al conservar a la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) no sólo se conserva una especie, se conservan los procesos ecológicos dentro de la isla vinculados a ella, así como a las otras especies de reptiles y al hábitat en general. De esta forma se tiene un sistema dinámico y funcional donde uno de los elementos que resalta por su valor biológico, estético y cultural es la serpiente, un digno representante de la isla que debemos conservar.

REFERENCIAS

- Aguirre-Muñoz, A., Croll, D. A., Donlan, C. J., Henry, R. W., Hermosillo, M. A., Howald, G. R., ... Wood, B. (2008). High-impact conservation: invasive mammal eradications from the islands of Western México. *Royal Swedish Academy of Sciences*, 37(2), 101–107.
- Aguirre-Muñoz, A., y Méndez-Sánchez, F. (2017). La nueva Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California establece un hito en la conservación: todas las islas de México están protegidas. *Fremontia*, 45(3), 27–31.
- Allen, J. A. (1898). Descriptions of new mammals from Western Mexico and Lower California. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 10, 143–158.
- Andrade, M., Morales, G., y Hernández, A. (1999). *Guía de análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales*. México: The Nature Conservancy.
- Anguiano, M. P., y Diffendorfer, J. E. (2015). Effects of Fragmentation on the Spatial Ecology of the California Kingsnake (*Lampropeltis californiae*). *Journal of Herpetology*, 49(3), 420–427.
- APG IV, compilado por, Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., ... Weber, A. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20.
- Arroyo, M., Levine, A., y Espejel, I. (2019). A transdisciplinary framework proposal for surf break conservation and management: Bahía de Todos Santos World Surfing Reserve. *Ocean and Coastal Management*, 168, 197–211.
- Auliya, M., Altherr, S., Ariano-Sanchez, D., Baard, E. H., Brown, C., Brown, R. M., ... Ziegler, T. (2016). Trade in live reptiles, its impact on wild populations, and the role of the European market. *Biological Conservation*, 204, 103–119.
- Auslander, M., Nevo, E., y Inbar, M. (2003). The effects of slope orientation on plant growth, developmental instability and susceptibility to herbivores. *Journal of Arid Environments*, 55, 405–416.
- Ávila-Villegas, H. (2005). *Aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina Crotalus catalinensis, Golfo de California, México*, Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Basey, R. T. (2014). *Lampropeltis zonata* (California Mountain Kingsnake) diet. *Herpetological Review*, 45(1), 144–145.
- Beaupre, S. J., Jacobson, E. R., Lillywhite, H. B., y Zamudio, K. (2004). Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research. In *American Society of Ichthyologist and Herpetologists*.
- Beaupre, S. J. y Douglas, L. E. (2009). Snakes as indicators and monitors of ecosystem properties. En Mulling S. y Seigel, R. (Ed.), *Snakes ecology and conservation* (pp. 244-261). Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Bedolla-Guzmán, Y., Méndez-Sánchez, F., Aguirre-Muñoz, A., Félix-Lizárraga, M., Fabila-Blanc, A., Bravo-Hernández, E., ... Cárdenas-Tapia, A. (2019). Recovery and current status of seabirds on the Baja California Pacific Islands, Mexico, following restoration actions. *Island Invasives: Scaling up to Meet the Challenge*, (62), 531–

538.

- Blundell, A. G., y Mascia, M. B. (2005). Discrepancies in reported levels of international wildlife trade. *Conservation Biology*, 19(6), 2020–2025.
- Böhm, M., Collen, B., Baillie, J. E. M., Bowles, P., Chanson, J., Cox, N., ... Zug, G. (2013). The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation*, 157, 372–385.
- Bonnaud, E., Medina, F. M., Vidal, E., Tershy, B., Zavaleta, E., Donlan, C. J., ... Howarth, S. V. (2011). The diet of feral cats on islands: a review and a call for more studies. *Biological Invasions*, 13(3), 581–603.
- Burgos-Hernández, M., y Castillo-Campos, G. (2018). Análisis florístico de la selva tropical perennifolia del centro-norte de Veracruz, México/Floristic analysis of the tropical evergreen forest in the center-north of Veracruz, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), 451–463.
- Carter, H. R., Whitworth, D. L., Newman, S. H., Palacios, E., Koepke, J. S., Hébert, P. N., y Gress, F. (2006). Preliminary assessment of the status and health of Xantus's Murrelets (*Synthliboramphus hypoleucus*) at Todos Santos Islands, Baja California, Mexico, in 2005. En *Unpublished report*.
- Casacci, L. P., Barbero, F., y Balletto, E. (2014). The “Evolutionarily Significant Unit” concept and its applicability in biological conservation. *Italian Journal of Zoology*, 81(2), 182–193.
- Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano. (2012). *Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano*. México, D. F. y Ensenada, B. C.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Marina - Armada de México y Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C. México, D.F.
- CONANP. (2018). Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas de México. Gobierno de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: Acciones y Programas. Recuperado de <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-manejo>
- CONANP. (2019). Listado de las áreas Naturales Protegidas de México (LISTANP). Gobierno de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/listanp/>
- Cortés-Calva, P., Alvarez-Castañeda, S. T., y Yensen, E. (2001). *Neotoma anthonyi*. *Mammalian Species*, (663), 1–3.
- Coulston, G. J. (2002). Control of invasive plants on the Poor Knights Islands, New Zealand. En C. R. Veitch y M. N. Clout (Eds.), *Turning the tide: The eradication of invasive species: Proceedings of the International Conference on Eradication of Island Invasives* (pp. 79-84).

- Cunningham, J. D. (1955). Arboreal habits of certain reptiles and amphibians in Southern California. *Herpetologica*, 11(3), 217–220.
- Cunningham, J. D. (1959). Reproduction and food of some California Snakes. *Herpetologica*, 15(1), 17–19.
- De La Quintana, P., Rivas, J. A., Valdivia, F., y Pacheco, L. F. (2017). Home range and habitat use of Beni anacondas (*Eunectes beniensis*) in Bolivia. *Amphibia-Reptilia*, 38(4), 547–553.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Segunda Sección, jueves 30 de diciembre.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (2016a). Acuerdo por el que se determina la Lista de Especies Exóticas Invasoras para México. Tercera Sección, miércoles 7 de diciembre.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (2016b). *Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Islas del Pacífico de la Península de Baja California*. Segunda Sección, miércoles 7 de diciembre.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (2019). *MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. 14 de noviembre.
- Donlan, C. J., Tershy, B. R., Keitt, B. S., Wood, B., Sánchez, J. Á., Croll, D. A., ... Aguilar, J. L. (2000). Island conservation action in Northwest Mexico. En D. H. Browne, K. Mitchell, y H. Chaney (Eds.), *Proceedings of the Fifth California Islands Symposium* (pp. 330–338). Santa Barbara, California: Santa Barbara Museum of Natural History.
- Dorcas, M. E. y Wilson, J. D. (2009). Innovative methods for studies of snakes ecology and conservation. En Mulling S. y Seigel, R. (Ed.), *Snakes ecology and conservation* (pp. 1-37). Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Escofet, A. (1994). Evaluación de hábitat y de fuentes de disturbio. En G. de la Lanza y C. Cáceres, *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano* (pp. 497-525). Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.
- Foufopoulos, J., Kilpatrick, A. M., y Ives, A. R. (2011). Climate change and elevated extinction rates of reptiles from Mediterranean islands. *American Naturalist*, 177(1), 119–129.
- Frankham, R. (1997). Do island populations have less genetic variation than mainland populations? *Heredity*, 78, 311–327.
- Gibbons, J. W., y Andrews, K. (2004). PIT Tagging: Simple Technology at Its Best. *BioScience*, 54(5), 447.
- Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., ... Winne, C. T. (2000). The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience*, 50(8), 653–666.
- Goldberg, S. (1995). Reproduction in the California Mountain Kingsnake, *Lampropeltis*

- zonata* (Colubridae), in Southern California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 94(3), 218.
- Goldman, E. A. (1951). Biological investigations in México. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 115, 1–476.
- González-Abraham, C. E., Garcillán, P. P., y Ezcurra, E. (2010). Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 87, 69–82.
- Greene, H. W., y Rodríguez-Robles, J. A. (2003). Feeding ecology of the California Mountain Kingsnake, *Lampropeltis zonata* (Colubridae). *Copeia*, (2), 308–314.
- Grismer, L. (1999a). An evolutionary classification of reptiles on islands in the Gulf of California, México. *Herpetologica*, 55(4), 446–469.
- Grismer, L. (1999b). Checklist of amphibians and reptiles on islands in the Gulf of California, México. *Bull. Southern California Acad. Sci.*, 98(2), 45–56.
- Grismer, L. (2001). An evolutionary classification and checklist of amphibians and reptiles on the Pacific Islands of Baja California, México. *Bull. Southern California Acad. Sci.*, 100(1), 12–23.
- Grismer, L. (2002). *Amphibians and reptiles of Baja California. Including its Pacific Islands and the islands in the Sea of Cortés*. Berkeley, California: University of California Press.
- Groombridge, J. J., Green, S. E. W., y Turvey, S. T. (2018). Evolution on islands. Peculiarities and Implications for Species Conservation. En J. A. Copsey, S. A. Black, J. J. Groombridge, y C. G. Jones (Eds.), *Species Conservation: Lessons from Islands* (pp. 17–50). Cambridge, United Kingdom: Cambridge, University Press.
- Hall, L. K., Mull, J. F., y Cavitt, J. F. (2009). Relationship between cheatgrass coverage and the relative abundance of snakes on Antelope Island, Utah. *Western North American Naturalist*, 69(1), 88–95.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4(1): 9
- Heimes, P. (2016). *Herpetofauna mexicana Vol. I. Snakes of Mexico* (Vol. 1). Frankfurt: Edition Chimaira.
- Hidalgo, M. G. y Olivera, D. Radio telemetría de vida silvestre. (2011). En Gallina-Tessaro, S., y López González, C. (Eds), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro e Instituto de Ecología, AC México. 390p.
- Hollingsworth, B. D. y Frost, D.R. 2007. *Lampropeltis herrerae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007: e.T63829A12720145. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63829A12720145.en>.
- Hollingsworth, B. D. y Hammerson, G.A. 2019. *Lampropeltis zonata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T90069502A90069395. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/species/90069502/90069395>
- Hollingsworth, B. D., Mährdt, C. R., Grismer, L. L., y Lovich, R. E. (2015). Herpetofauna of Baja California. En J. A. Lemos-Espinal (Ed.), *Amphibians and Reptiles of the US-Mexico Border States/Anfibios y reptiles de los estados de la frontera México-Estados Unidos* (pp. 15–33). Texas: Texas A&M University Press.

- Howell, A. B. (1912). Notes from Todos Santos Islands. *The Condor*, 14(5), 187–191.
- ICPN (2021). Index to California Plant Names. The University and Jepson Herbaria, University of California, Berkeley. Recuperado de <https://ucjeps.berkeley.edu/db/icpn/>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (1994). *Atlas del territorio insular habitado de los Estados Unidos Mexicanos 1990. Anexo cartográfico*. Aguascalientes, México.
- IPNI (2021). International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. Recuperado de <http://www.ipni.org>
- Iverson, J. B. (1990). Sex ratios in snakes: a cautionary note. *Copeia*, 1990(2), 571–573.
- Jenkins, C. L., Peterson, C. R. y Kingsbury, B. A. (2009). Modeling snake distribution and habitat. En Mulling S. y Seigel, R. (Ed.), *Snakes ecology and conservation* (pp. 123–148). Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Johnson, J., Wilson, L. D., Mata-silva, V., García-Padilla, E., y DeSantis, D. (2017). The endemic herpetofauna of Mexico: organisms of global significance in severe peril. *Mesoamerican Herpetology*, 4(3), 544–620.
- Junak, S. A., y Philbrick, R. (1994). The vascular plants of Todos Santos Island, Baja California, Mexico. En W. L. Halvorson y G. J. Maender (Eds.), *Proceedings of the Fourth California Islands Symposium* (pp. 407–428). Santa Barbara, California: Santa Barbara Museum of Natural History.
- Junak, S. A., y Philbrick, R. (2002). Flowering plants of the San Benito Islands, Baja California, Mexico. En D. H. Browne, K. Mitchell, y H. Chaney (Eds.), *Proceedings of the Fifth California Islands Symposium* (pp. 235–246). Santa Barbara, California: Santa Barbara Museum of Natural History.
- Kaeding, H. (1905). Birds from the West Coast of Lower California and adjacent islands. *The Condor*, 7(4), 105–111.
- Klauber, L. M. (1943). The coral king snakes of the Pacific Coast. *Transactions of the San Diego Society of Natural History*, 10(6), 75–82.
- Klinger, R. C., Schuyler, P., y Sterner, J. D. (2002). The response of herbaceous vegetation and endemic plant species to the removal of feral sheep from Santa Cruz Island, California. En C. R. Veitch y M. N. Clout (Eds.), *Turning the tide: The eradication of invasive species: Proceedings of the International Conference on Eradication of Island Invasives* (pp. 141–154).
- Lazcano, C. (2000). PA-TAI La historia olvidada de Ensenada. En *Colección de Documentos sobre la historia y la geografía del municipio de Ensenada*. Ensenada: Museo de Historia de Ensenada, Seminario de Historia de Baja California.
- Leyva, C., Angoa, M. y Santos, M. (1997). *Diagnóstico ambiental del Estero de Punta Banda con fines de conservación*. Informe técnico. Ensenada, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- Liner, E., y Casas-Andreu, G. (2008). *Nombres estándar en español, en inglés y nombres científicos de los anfibios y reptiles de México* (2nd ed.; J. Moriarty, Ed.), Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Madrigal, N. (2013). Alrededor de la Isla Todos Santos cultivan en el mar. El Vigía.

- Recuperado de <https://www.elvigia.net/general/2013/2/27/cultivan-108126.html>
- Maldonado, D. (2016). *Islas del Pacífico de la Península de Baja California: Prioridades de conservación y recomendaciones para su desarrollo sustentable*, Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Martins, M., y Lillywhite, H. B. (2019). Ecology of snakes on islands. En H. B. Lillywhite y M. Martins (Eds.), *Islands and snakes. Isolation and adaptive evolution* (pp. 1–44). New York: Oxford University Press.
- Martins, M., y Nilson, G. (2008). Special section. Snakes on islands: ecology, evolution and conservation. *South American Journal of Herpetology*, 3(2), 122.
- Martins, M., Sawaya, R. J., y Marques, O. A. V. (2008). A first estimate of the population size of the critically endangered Lancehead, *Bothrops insularis*. *South American Journal of Herpetology*, 3(2), 168–174.
- McKeown, S., Morgan, M. (1996). Two size records for California Snakes. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society*, 31(12), 217–218.
- Medina, F. M., Bonnaud, E., Vidal, E., Tershy, B. R., Zavaleta, E. S., Josh Donlan, C., ... Nogales, M. (2011). A global review of the impacts of invasive cats on island endangered vertebrates. *Global Change Biology*, 17(11), 3503–3510.
- Mellink, E. (1992). The status of *Neotoma anthonyi* (Rodentia, Muridae, Cricetinae) of Todos Santos Islands, Baja California, Mexico. *Bull. Southern California Acad. Sci.*, 91(3), 137–140.
- Mellink, E. (1995). The potential effect of commercialization of reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands. *Herpetological Natural History*, 3(1), 95–99.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (vol. 1). Zaragoza: Manuales y Tesis SEA.
- Nafis, G. (2000-2021). California Mountaing Kingsnake-*Lampropeltis zonata*. California Herps-A Guide to the Amphibians and Reptiles of California. Recuperado de <http://www.californiaherps.com/snakes/pages/l.zonata.html#top>
- Myers, E. A., Rodríguez-Robles, J. A., Denardo, D. F., Staub, R. E., Stropoli, A., Ruane, S., y Burbrink, F. T. (2013). Multilocus phylogeographic assessment of the California Mountain Kingsnake (*Lampropeltis zonata*) suggests alternative patterns of diversification for the California Floristic Province. *Molecular Ecology*, 22, 5418–5429.
- Nelson, E. W. (1921). Lower California an its natural resources. *Memoirs of the National Academy of Sciences*, 16(1), 1–194.
- Oberbauer, T. A. (2002). Analysis of vascular plant species diversity of the Pacific Coast islands of Alta and Baja California. In D. H. Browne, K. Mitchell, y H. Chaney (Eds.), *Proceedings of the Fifth California Islands Symposium* (pp. 201–211). Santa Barbara, California: Santa Barbara Museum of Natural History.
- Peinado, M., y Delgadillo, J. (1990). Introducción al conocimiento fito-topográfico de Baja California (Mexico). *Studia Botanica*, 9, 25–39.
- Pike, D. A. (2016). Conservation management. En Dodd, C. K. J. (Ed.), *Reptile Ecology and Conservation. A handbook of techniques* (pp. 419-435). Nueva York: Oxford University Press.

- Pimm, S. L. (1996). Lessons from a kill. *Biodiversity and Conservation*, 5(9), 1059–1067.
- Plummer, M. V. (2010). Habitat use and movements of Kingsnakes (*Lampropeltis getula holbrooki*) in a partially abandoned and reforested agricultural landscape. *Herpetological Conservation and Biology*, 5(2), 214–222.
- Plummer, M. V., y Ferner, J. W. (2012). Marking reptiles. En R. W. McDiarmid, M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons, y N. Chernoff (Eds.), *Reptile Biodiversity: Standard Methods for Inventory and Monitoring* (pp. 143–150). Berkeley and Los Angeles, California: University of California Press.
- Poiani, K., y Richter, B. (1999). Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. *Documentos de Trabajo Para La Ciencia de La Conservación*. The Nature Conservancy.
- Pou Alberú, S. (1982). *Estudio de la tectónica de las islas de Todos Santos, B.C., México*, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California.
- Ratay, S. E., Vanderplank, S. E., y Wilder, B. T. (2014). Island specialists: shared flora of The Alta and Baja California Pacific Islands. *Monographs of the Western North American Naturalist*, 7, 161–220.
- Riley, J. L., Baxter-Gilbert, J. H., y Litzgus, J. D. (2017). A comparison of three external transmitter attachment methods for snakes. *Wildlife Society Bulletin*, 41(1), 132–139.
- Robertson, J. M., Langin, K. M., Sillett, T. S., Morrison, S. A., Ghalambor, C. K., y Funk, W. C. (2014). Identifying evolutionarily significant units and prioritizing populations for management on islands. *Monographs of the Western North American Naturalist*, 7, 397–411.
- Rodríguez-Robles, J. A., Denardo, D. F., y Staub, R. E. (1999). Phylogeography of the California mountain kingsnake, *Lampropeltis zonata* (Colubridae). *Molecular Ecology*, 8(11), 1923–1934.
- Rosser, A. M., y Mainka, S. A. (2002). Overexploitation and species extinctions. *Conservation Biology*, 16(3), 584–586.
- Sadler, J. P. (1999). Biodiversity on oceanic islands: a palaeoecological assessment. *Journal of Biogeography*, 26(1), 75–87.
- Samaniego, A., Peralta, A., y Aguirre, A. (2007). *Vertebrados de las islas del Pacífico de Baja California: Guía de campo*. Ensenada: Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C.
- Seigel, R. A. y Mullin, S. J. (2009). Snakes conservation, present and future. En Mulling S. y Seigel, R. (Ed.), *Snakes ecology and conservation* (pp. 281–290). Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Servicio Meteorológico Nacional, s/a. Normales climatológicas por estado. Comisión Nacional del Agua, Coordinación general del servicio Meteorológico Nacional, Proyecto Bases de Datos Climatológicos. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=bc>
- Schirmel, J., Bundschuh, M., Entling, M. H., Kowarik, I., y Buchholz, S. (2016). Impacts of invasive plants on resident animals across ecosystems, taxa, and feeding types: a global assessment. *Global Change Biology*, 22(2), 594–603.
- Schlaepfer, M. A., Hoover, C., y Dodd, C. K. (2005). Challenges in evaluating the impact of the trade in amphibians and reptiles on wild populations. *BioScience*, 55(3), 256–

264.

- Shine, R. y Bonnet, X. (2009). Reproductive biology, population viability, and options for field management. En Mulling S. y Seigel, R. (Ed.), *Snakes ecology and conservation* (pp. 172-200). Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Smith, F. A. (1992). Evolution of body size among woodrats from Baja California, Mexico. *Functional Ecology*, 6(3), 265–273.
- Smith, K. F., Behrens, M., Schloegel, L. M., Marano, N., Burgiel, S., y Daszak, P. (2009). Reducing the risks of the wildlife trade. *Science*, 324, 594–595.
- Tershy, B. R., Shen, K., Newton, K. M., Holmes, N. D., y Croll, D. A. (2015). The Importance of islands for the protection of biological and linguistic diversity. *BioScience*, 65, 592–597.
- Tryon, B. W., y Murphy, J. B. (1982). Miscellaneous notes on the reproductive biology of reptiles. 5. Thirteen varieties of the genus *Lampropeltis*, species mexicana, triangulum and zonata. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 85(2), 96–119.
- Tye, A., Key, G., y Copsey, A. (2018). Threats to islands. Invasive species and their impacts. En J. A. Copsey, S. A. Black, J. J. Groombridge, y C. G. Jones (Eds.), *Species Conservation: Lessons from Islands* (pp. 83–120). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Van Denburgh, J. (1924). The Birds of the Todos Santos Islands. *The Condor*, 26(2), 67–71.
- Van Denburgh, J., y Slevin, J. (1923). Preliminary diagnoses of four new snakes from lower California, México. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 13(1), 1–2.
- van der Maarel, E. (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39(2), 97–114.
- Vasconcelos, R., Brito, J. C., Carranza, S., y Harris, D. J. (2013). Review of the distribution and conservation status of the terrestrial reptiles of the Cape Verde Islands. *Oryx*, 47(1), 77–87.
- Walsh, J. C., Venter, O., Watson, J. E. M., Fuller, R. A., Blackburn, T. M., y Possingham, H. P. (2012). Exotic species richness and native species endemism increase the impact of exotic species on islands. *Global Ecology and Biogeography*, 21(7/8), 841–850.
- Whittaker, R. J., y Fernández-Palacios, J. M. (2007). *Island biogeography* (1st ed.). New York: Oxford University Press.
- Williams, B. K. (2011). Adaptive management of natural resources-framework and issues. *Journal of Environmental Management*, 92, 1346–1353.
- Wilson, L., Mata-Silva, V., y Johnson, J. (2013). A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation*, 7(1), 1–47.
- Wylie, G. D., Smith, J. J., Amarello, M., y Casazza, M. L. (2011). A taping method for external transmitter attachment on aquatic snakes. *Herpetological Review*, 42(2), 187–191.

ANEXOS

Anexo 1. Criterios de asignación de valores para los objetos de conservación según Andrade et al., (1999).

Puntuación para los objetos de conservación

a) Contribución al macro ecosistema. Importancia para el sistema global, el cambio climático global, la productividad regional, etc. Tratar de responder: ¿Qué impacto causaría si todo el sistema desapareciera o fuera seriamente degradado?

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

b) Rareza. Presencia de especies, comunidades o tipos de vegetación en riesgo, de ser posible basados en criterios de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, en la legislación nacional y en información publicada.

- 4 = En peligro de extinción
- 2 = Amenazada
- 1 = Vulnerable
- 0.5 = Indeterminada

c) Calidad. Se toma el estado de conservación del sistema. El elemento endémico tendrá puntuaciones altas en este apartado.

- 4 = Único o de los mejores ejemplos de conservación a escala macrorregional o mundial
- 2 = Un buen ejemplo de este sistema en el mundo o macrorregión
- 1 = Un ejemplo promedio de este sistema en el mundo o macrorregión
- 0.5 = Un ejemplo no destacado de este sistema a escala mundial o macrorregional

d) Valor como herramienta o carisma. Incluye el valor potencial económico, político, ecoturístico y/o educacional, de influencia en decisiones de conservación, así como la presencia de especies bandera.

- 4 = Muy importante o potencialmente importante
 - 2 = Útil o potencialmente útil
 - 1 = De valor limitado
 - 0.5 = De escaso valor
-

Anexo 2. Criterios de asignación de valores para los impactos y sus fuentes según Andrade et al., (1999).

Puntuación para los impactos y sus fuentes

Impactos

a) Severidad. Dentro del sistema, el impacto está causando, o es inminente que cause:

4 = La destrucción o eliminación de ese sistema

2 = Degradación seria de ese ecosistema

1 = Alguna degradación del sistema

0.5 = Deterioro leve del sistema

b) Alcance. Dentro del sistema, este impacto está afectando:

4 = Todo el sistema

2 = Buena parte del sistema

1 = Algunas partes del sistema

0.5 = Partes pequeñas o aisladas del sistema

Fuentes (orígenes)

a) La contribución actual. Para un impacto dado, esta causa es:

4 = La principal causa de este impacto

2 = Una causa adicional e importante de este impacto

1 = Una causa menor de este impacto

0.5 = Una causa irrelevante de este impacto

b) La contribución futura. Para un impacto a mediano plazo, esta causa probablemente:

4 = Será la causa principal de este impacto

2 = Será una causa adicional e importante de este impacto

1 = Será una causa menor de este impacto

0.5 = No contribuirá en forma significativa a este impacto

Anexo 3. Punto 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2010 que establece la información que deberán presentar las propuestas de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo.

Información requerida para las propuestas de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo

- Datos generales del responsable: nombre, domicilio, teléfono, correo electrónico.
 - Nombre científico válido, sinónimos más relevantes y nombres comunes de la especie propuesta y motivos específicos de la propuesta.
 - Mapa del área de distribución geográfica de la especie o población en cuestión, con la máxima precisión que permitan los datos existentes.
 - Justificación técnica científica de la propuesta que incluya los siguientes puntos:
 - a. Análisis diagnóstico del estado actual que presenta la población o especie y su hábitat. Se deben definir los métodos utilizados para desarrollarlo e incluir los antecedentes del estado de la especie y su hábitat o, en su caso, de la población, que son motivo de la propuesta.
 - b. Relevancia ecológica, taxonómica, cultural y económica, en su caso.
 - c. Factores de riesgo reales y potenciales para la especie o población, así como la evaluación de la importancia relativa de cada uno.
 - d. Análisis pronóstico de la tendencia actualizada de la especie o población referida, de no cambiarse el estado actual de los factores que provocan el riesgo de su desaparición en México, a corto y mediano plazos.
 - e. Consecuencias indirectas de la propuesta. Describir las acciones que debería tomar la autoridad como consecuencia de la propuesta, en particular: la acción específica, como contribuiría a solucionar la problemática identificada y si existen otras acciones regulatorias vigentes directamente aplicables a la problemática identificada de la especie, explique por qué son insuficientes.
 - f. Análisis de costos. Identifique los costos y los grupos o sectores que incurrirían en dichos costos de ser aprobada la propuesta (por ejemplo, costos de capital, de operación, de transacción, de salud, medio ambiente u otros de tipo social); señale su importancia relativa (alta, media baja) y de ser posible cuantifíquelo.
 - g. Análisis de beneficios. identifique beneficios y los grupos o sectores que recibirán dichos beneficios (consecuencias positivas que ocurrirían) de ser aprobada la propuesta; señale su importancia relativa (alta, media, baja) y de ser posible, cuantifíquelo.
 - h. Una propuesta general de medidas de seguimiento de la especie, aplicables para la inclusión, cambio o exclusión que se solicita.
 - i. Referencias de los informes y/o estudios publicados que dan fundamento teórico y sustento relativo al planteamiento que se hace sobre la especie o población.
 - j. Ficha resumen de la información anterior.
-

Anexo 4. Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER)

Criterios del Método de Evaluación de Riesgo

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México. Es el tamaño relativo del ámbito de distribución natural actual en México; considera cuatro gradaciones:

- Muy restringida = 4. Se aplica tanto para especies micro endémicas como para especies principalmente extralimitadas con escasa distribución en México (menos del 5% del territorio nacional).
- Restringida = 3. Incluye especies cuyo ámbito de distribución en México se encuentra entre el 5 y el 15% del territorio nacional.
- Medianamente restringida o amplia = 2. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor que el 15%, pero menor que el 40% del territorio nacional.
- Ampliamente distribuidas o muy amplias = 1. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es igual o mayor que el 40% del territorio nacional.

Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón. Es el conjunto actual estimado de efectos del hábitat particular, con respecto a los requerimientos conocidos para el desarrollo natural del taxón que se analiza, en términos de las condiciones físicas y biológicas. No determina la calidad de un hábitat en general. Cuando una especie sea de distribución muy amplia, se hará una estimación integral del efecto de la calidad del hábitat para todo su ámbito. Considera tres valores:

- Hostil o muy limitante = 3
- Intermedio o limitante = 2
- Propicio o poco limitante = 1

Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón. Es el conjunto de factores relacionados con la historia o forma de vida propios del taxón, que lo hacen vulnerable. Dependiendo de la disponibilidad de información específica, algunos ejemplos de tales factores pueden ser: estrategia reproductiva, parámetros demográficos más relevantes, historia de vida, fenología, intervalos de tolerancia, parámetros fisicoquímicos, aspectos alimentarios, variabilidad genética, grado de especiación, tasa de reclutamiento, efecto nodriza, entre otros. El MER considera tres gradaciones numéricas de vulnerabilidad:

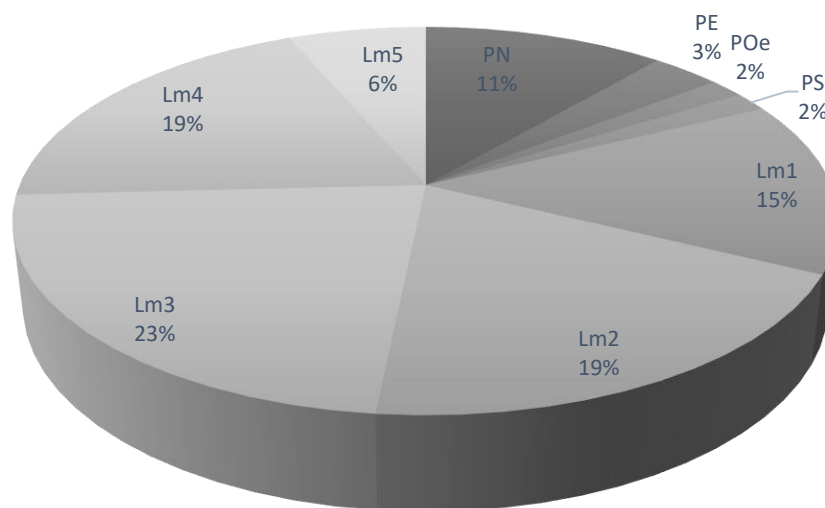
- Vulnerabilidad alta = 3
 - Vulnerabilidad media = 2
 - Vulnerabilidad baja = 1
-

Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón. Es una estimación numérica de la magnitud del impacto y la tendencia que genera la influencia humana sobre el taxón que se analiza. Considera aspectos como la presión por asentamientos humanos, fragmentación del hábitat, contaminación, uso, comercio, tráfico, cambio del uso de suelo, introducción de especies exóticas, realización de obras de infraestructura, entre otros. Se asignan tres posibilidades:

- Alto impacto = 4
 - Impacto medio = 3
 - Bajo impacto = 2
-

Anexo 5. Número y porcentaje de recorridos por unidades fisiográficas en la Isla Todos Santos Sur, durante el muestreo de mayo a octubre de 2019.

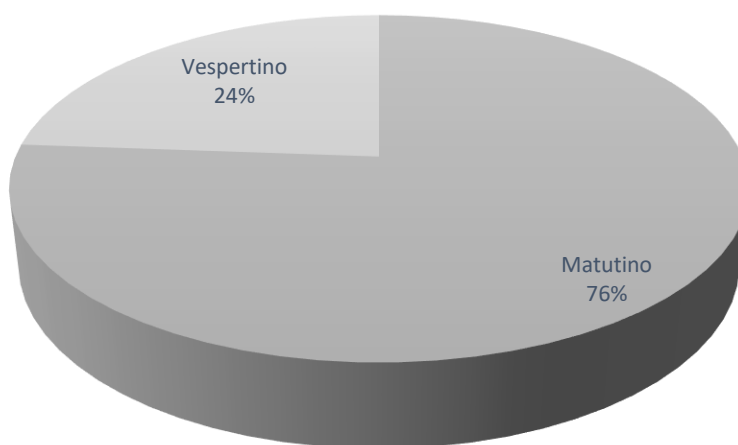
No. visita	Unidades Fisiográficas									Total de recorridos
	PN	PE	POe	PS	Lm1	Lm2	Lm3	Lm4	Lm5	
primavera 1	0	0	0	0	0	2	2	3	1	8
primavera 2	0	0	0	0	2	2	2	1	0	7
verano 1	1	0	1	1	4	4	6	4	1	22
verano 2	1	0	0	0	1	2	2	2	0	8
verano 3	3	2	0	0	1	1	1	0	2	10
otoño 1	2	0	0	0	1	1	1	2	0	7
Total	7	2	1	1	9	12	14	12	4	62



Unidades fisiográficas: Lm, lomeríos (1 al 7); PN, planicie norte; POe, planicie oeste; PE, planicie este y PS, planicie sur. La gráfica muestra los porcentajes de los recorridos en cada unidad de muestreo.

Anexo 6. Número y porcentaje de horas en los dos turnos de muestreo de mayo a octubre de 2019 en la Isla Todos Santos Sur.

No. visita	Matutino		Vespertino		Total horas	Total recorridos
	Horas	Recorridos	Horas	Recorridos		
primavera 1	19.33	5	8.66	3	27.99	8
primavera 2	17.66	6	5	1	22.66	7
verano 1	55	15	19.36	7	74.36	22
verano 2	14.23	5	9.83	3	24.06	8
verano 3	23.63	8	6.23	2	29.86	10
otoño 1	26.66	7	0	0	26.66	7
Total	156.51	46	49.08	16	205.59	62



El número de horas y recorridos durante el turno matutino y vespertino en cada una de las visitas a la isla. La gráfica muestra el valor en porcentaje del número de horas en cada turno. El porcentaje de recorridos en cada turno fue muy similar (74 % turno matutino y 26% en el turno vespertino).

Anexo 7. Resultado de la prueba de bondad de ajuste (chi cuadrado) para las estaciones climáticas y las serpientes observadas durante el muestreo realizado de mayo a octubre de 2019 en la Isla Todos Santos Sur, Baja California.

Año	Estación	Serpientes (Frecuencia observada) O_i	Serpientes (Frecuencia esperada) E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
2019	primavera 1, 2	5	2.66	2.04
	verano 1-3	3	2.66	0.04
	otoño 1	0	2.66	2.66
Total		8	χ^2	4.74
Chi squared (sample vs. expected)				
Rows, columns: 3, 2		Degrees freedom: 2		
Chi2: 4.74		P-valor: 0.09		

La tabla muestra los valores obtenidos con la frecuencia observada y la esperada. Arriba calculo en Excel, abajo, calculo en Past.

Anexo 8. Promedios, máxima, mínima y desviación estándar de las variables ambientales obtenidas durante el muestreo realizado de mayo a octubre de 2019 en la Isla Todos Santos Sur, Baja California.

Estación	T. aire °C				HR %				V viento m/s			
	$\bar{x}$	max	min	$\pm$	$\bar{x}$	max	min	$\pm$	$\bar{x}$	max	min	$\pm$
primavera 1	19.8	20.1	19.5	0.4	70.8	72.5	69	2.5	1.6	2.3	0.8	1.1
primavera 2	27.2	30.2	22.2	3.1	57.6	70.5	50.2	8.3	1.4	2.1	0	0.8
verano 1	24.1	35	19	3.2	61.4	79.5	37.5	8.7	1.9	5	0	1.1
verano 2	21.9	26	19	2.5	72.4	85	54	10	1.7	3.5	0.1	0.8
verano 3	25.1	33	21	3.2	71.2	82	50	8.8	1.3	2.7	0.5	0.7
otoño 1	24.9	33	20	3.8	54.5	70	28	13.2	1.7	3.7	0	1.1

T, temperatura del aire en °C; HR, porcentaje de humedad relativa; V viento, velocidad del viento en metros/segundo. $\bar{x}$, promedio de las variables; max, máxima; min, mínima; $\pm$, más-menos una desviación estándar.

Anexo 9. Escamas supraoculares y parietales fusionadas en algunos individuos y mudas de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*), Baja California.



En (a) la muda del lado derecho tiene las escamas fusionadas. En (b) y (c) se muestran individuos con escamas fusionadas. Las flechas amarillas indican las escamas fusionadas en ambos lados de la cabeza de la serpiente. Fotografías Judith Pampa

Anexo 10. Refugio en lomerío1 detectado por telemetría en Isla Todos Santos Sur, Baja California. Una grieta inaccesible para las personas, pero un excelente refugio para la serpiente rey. Se sospecha que al mudar ahí se quedó el radio transmisor, el cual no pudo ser recuperado.



Fotografías: (a) de Judith Pampa; (b) Jesús García Salazar.

Anexo 11. Resultado de la prueba de bondad de ajuste (chi cuadrado) para el hábitat asociado a la serpiente rey, Lomeríos (Lm), en la Isla Todos Santos Sur, Baja California.

Año	Unidad fisiográfica	Serpientes (Frecuencia observada) O_i	Serpientes (Frecuencia esperada) E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
2019	Lomerío 1	2	3.00	0.33
	Lomerío 2	3	3.00	0
	Lomerío 3	4	3.00	0.33
	Lomerío 4	6	3.00	3
	Lomerío 5	0	3.00	3
	Total	15	χ^2	6.66
Chi squared (sample vs. expected)				
Rows, columns: 5, 2			Degrees freedom: 4	
Chi2: 6.66			P-valor: 0.15	

La tabla muestra los valores obtenidos con la frecuencia observada y la esperada. Arriba calculo en Excel, abajo, calculo en Past.

Anexo 12. Resultado de la Prueba de Bondad de ajuste (chi cuadrado) para el hábitat asociado a la serpiente rey, Planicies, en la Isla Todos Santos Sur, Baja California.

Año	Unidad fisiográfica	Serpientes (Frecuencia observada) O_i	Serpientes (Frecuencia esperada) E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
2019	Planicie norte	6	1.5	13.5
	Planicie sur	0	1.5	1.5
	Planicie este	0	1.5	1.5
	Planicie oeste	0	1.5	1.5
	Total	6	χ^2	18
Chi squared (sample vs. expected)				
Rows, columns: 4, 2			Degrees freedom: 3	
Chi2: 18			P-valor: 0.0004	

La tabla muestra los valores obtenidos con la frecuencia observada y la esperada. Arriba calculo en Excel, abajo, calculo en Past.

Anexo 13. Listado florístico del hábitat de *Lampropeltis herrerae* que presentó cobertura vegetal en los cuadrantes de 1x1m en la Isla Todos Santos sur, Baja California. El valor de la cobertura se presenta de acuerdo con la escala van der Maarel (1979).

Familia	Especie	Nombre común	FC	A	Valor de Cobertura														
					S1	S4	S5	S8	M1	M2	M3	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M13	
Aizoaceae	<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> *	Escarcha afroasiática	H, S	15	1		6							7			7		
Amaranthaceae	<i>Atriplex semibaccata</i> *	-	A	50															6
Anacardiaceae	<i>Malosma laurina</i>	Lentisco	A	85				6											
	<i>Rhus integrifolia</i>	Saladito	A	99		7				5	9								
Asteraceae	<i>Artemisia californica</i>	Artemisa de California	A	50							1								
	<i>Deinandra greeneana</i>	-	A	65											7				
	<i>Encelia californica</i>	-	A	97		7							9				7		
	<i>Hazardia berberidis</i>	-	A	59		5													
	<i>Leptosyne maritima</i>	-	H	45				5											
Cactaceae	<i>Bergerocactus emoryi</i>	Órgano aterciopelado	A, S	50				7									7		
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia misera</i>	Liga	A, S	60				6											8
Fabaceae	<i>Acmispon glaber</i>	-	H	40															9
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> *	Malva de castilla	H	53									2			6			
Poaceae	<i>Avena sp.</i> *	Avena	H	100	9	1	4			9		9				8	6		6

*Especies introducidas. FC, forma de crecimiento; A, arbustiva; H, herbácea; S, suculenta. AL, altura máxima registrada en el cuadrante. S y M corresponden a la clave de identificación del cuadrante, S, serpiente y M, muda.

Anexo 14. Resumen de la información obtenida en la consulta a informantes clave en la Isla Todos Santos Sur, Baja California.

Sr. Fernando José García Vyera, 63 años
Ex farero de Isla Todos Santos Norte

Lo siguiente es un resumen de una entrevista semiestructurada que se realizó vía telefónica con el Sr, Fernando, quién permitió que la información proporcionada sea utilizada en el presente trabajo.

- ¿A qué se dedica?

Trabajé en la oficina de Señalamiento Marítimo que dependía de Capitanía de Puerto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes desde el año de 1986, en 1988 llegó a Islas Todos Santos donde primero fui ayudante y encargado del Faro de Isla Todos Santos Norte, hasta mi jubilación en 2016. Actualmente soy consejero en adicciones.

- ¿Cuáles eran sus actividades en la Isla?

Nos encargábamos de la limpieza y el mantenimiento del sitio donde está ubicado el faro; vigilábamos que funcionara la baliza de la Isla Sur y reportábamos si había algún desperfecto para llamar al técnico para arreglarlo.

- ¿Cuáles son las construcciones que hay en las islas Todos Santos?

Me tocó ver los ranchos de atún cuando empezaron, como en 1988 y a los pescadores de sargazo, quienes **construyeron** la “casita” en la parte sur de la isla, que les funcionaba de caseta de vigilancia. A mediados de los 90 llegó la empresa Abulones Cultivados, quienes **construyeron** las cabañas y el muelle donde están ahora los de Pacífico, que llegaron como en 2010.

- ¿Hubo alguna estación de la marina? ¿quién vigila la entrada de personas?

Ninguna de estas empresas se encargó de vigilar si entraban personas o no. Existió una estación de enlace de la Marina, en la Isla Norte, hasta el año 2005, la cual estaba formada por dos trabajadores, un sargento y un técnico para radios; y su función era la de ser el enlace con las otras islas por medio de la radio, **no vigilaban** la entrada de personas a la isla sur, estaban en la Norte y tampoco contaban con los medios de transporte para desplazarse entre islas. En la Isla Norte eran permisivos con quienes les pedían permiso, aunque dependía de cada marino porque se supone estaba prohibido, pero ya dependía del marino si los dejaba o no ingresar.

- ¿Quiénes ingresan a parte de las personas que trabajan ahí?

Constantemente hubo **desembarco** de surfistas y turistas, gente que quería tomar fotos o subir al faro. En una ocasión al ir a la Isla Sur, con el personal de Abulones, supimos del **desembarco** de migrantes, provenientes de China, que llegaron a la isla para desembarcarlos por el lado de la Bufadora; no los vimos personalmente, pero nos dimos cuenta de su presencia por la **basura** que dejaron.

- ¿Sabe usted si estos visitantes se llevan algún animal, planta de la isla?

Me tocó escuchar que había un “americano” que puso **trampas** para víboras en la Isla Sur. Unas **trampas** largas que llegué a ver y que según eran para atrapar las víboras y sacarles el veneno. Eso es lo que decían los pescadores que lo llevaban. Fue en los noventa.

Sr. Osvaldo Arturo Santillán Langarica
Subdelegado de PROFEPA en Ensenada

Lo siguiente es un resumen de una consulta que se sostuvo con el Sr. Osvaldo de PROFEPA, quién permitió esta información sea utilizada para el presente trabajo.

En los años noventa, cuando el Sr. Osvaldo era inspector, en tiempos de la SEDUE, le tocó boletinar y advertir sobre John Randall Ottley* como contrabandista y saqueador de reptiles en México.

Cuando el Sr. Osvaldo supo que John estaba en la Isla Todos Santos Sur, se dirigieron al lugar y ahí lo encontraron con ejemplares de *Lampropeltis herrerae* que había **colectado** y que pretendía sacar de forma **ilícita**.

Cuando lo bajaron de la isla, John le contó que estaba buscando reptiles "raros" de la Península y de otros lugares, como Sinaloa. No recuerda la fecha exacta, pero menciona que fue en los años 90.

El señor Osvaldo recuerda que los individuos de la serpiente en la isla eran de tamaño regular, de unos 50 cm de largo, pero estaban flacos. Además, menciona que en dos ocasiones le tocó acudir a apagar el **fuego** proveniente de las instalaciones de la empresa que está en la Isla Sur, fuego que se les salió de control menciona él y que pudo extenderse más por la materia seca de las **plantas introducidas** que hay en la isla.

*Al introducir el nombre John Randall Ottley en el buscador de internet aparecen dos noticias, una de *Los Angeles Times*, diciembre de 1988, y otra del *Metro*, de octubre de 1999. En ambas se menciona la extracción ilegal de reptiles por parte de esta persona, en México.

Los Angeles Times: <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1988-12-02-me-1054-story.html>

Metro: <https://vlex.com.mx/vid/detiene-pgr-trafficante-eu-358338542>

Anexo 15. Listado y evidencias de las amenazas encontradas para la serpiente y su hábitat en la Isla Todos Santos Sur, Baja.

Impactos/Amenazas	Descripción
Disturbios en el hábitat	Durante el monitoreo en la Isla Sur se registraron restos de madera y troncos “quemados” en diferentes puntos del lado noreste de la isla; además, se sabe de la existencia de incendios previos en la parte este de la isla. El desembarco constate de turistas genera el uso o creación de senderos ya que no existe garantía de que sigan los existentes.
Especies exóticas	Durante los diferentes recorridos se registró la presencia en gran parte la isla de <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> y algunos manchones de <i>Carpobrotus edulis</i> . Ambas especies están dentro de la lista de especies exóticas invasoras para México. Otras especies registradas fueron las gramíneas <i>Avena</i> sp. y un pasto posiblemente <i>Bromus</i> sp. Un ejemplar no vivo de <i>Rattus rattus</i> fue encontrado durante un recorrido; al parecer fue introducido por algún ave.
Colecta ilegal	Se registraron cuatro trampas ilegales inactivas, posiblemente abandonadas; además, en una búsqueda en internet, en páginas de coleccionistas de reptiles, se encontraron fotografías de ejemplares criados en cautiverio (Ingrasci, 1998). Se sabe de la extracción de ejemplares en la isla desde los años 90; sin embargo, no se logró determinar si la extracción persiste.
Contaminación por desechos sólidos	Durante los recorridos latas de aluminio, empaques de alimentos, botellas de vidrio y plástico entre otros, fueron observados en la isla. La mayoría se encontró en los caminos o cerca de ellos. Se sospecha que la basura es dejada por los turistas y/o los usuarios de la isla ya que hay basura con fecha de 1970 pero también reciente, 2019. Algunos globos de helio fueron encontrados en la isla; posiblemente llevados desde la ciudad por el viento.

Ingrasci, M. J. (1998). Baja California, Baja Norte, Mexico. The Mountain Kingsnake Enthusiast's Site. Recuperado de <http://www.kingsnake.com/mtnking/baja.html>



(a) Restos de madera quemada. (b) Pasto del género *Avena*, se encontró en manchones densos en varias partes de la isla y con alturas de hasta 1.5 m. (c) Pasto, posiblemente del género *Bromus*. (d) *Carpobrotus edulis* en la cima del Lm 4. (e) y (f) Parte de la basura encontrada en los recorridos. (g) Una de las cuatro trampas encontradas, en todas se hallaron restos de lagartijas, ratones y miriápodos.

Anexo 16. Reporte de avistamiento de *Rattus rattus* en la Isla Todos Santos Sur, Baja California. El reporte fue entregado a GECEI quienes iniciaron el monitoreo de prevención de introducción de roedores.

Rata casera o rata negra (*Rattus rattus*)

Un ejemplar, no vivo, de rata casera o negra (*Rattus rattus*) fue encontrado el día 27 de junio de 2019 en Isla Todos Santos Sur, Ensenada, Baja California, entre las ramas secas de *Malva parviflora*, en las coordenadas WGS 84 UTM 519829 y 3518771. La posición en que fue encontrado sugiere, junto con su aspecto, que fue regurgitado por algún ave, posiblemente una gaviota (*Larus* sp.; Figura 1).



Figura 1. Rata encontrada durante el muestro. En uno de los recorridos, se encontró, entre las ramas secas de *Malva parviflora*, una rata “seca”. En a) se muestra el sitio donde se encontró el ejemplar; b) la posición y estado en que fue encontrado. Fotografías: Jesús García Salazar.

Durante las diferentes estancias en la isla no fue observado ningún otro ejemplar de *Rattus rattus*; sin embargo, esto no descarta que el ejemplar se encontrara en la isla o que haya sido trasladado por el ave desde la parte continental adyacente.

Para la determinación taxonómica, se preparó el cráneo del ejemplar y una vez listo se utilizaron las claves dicotómicas de Álvarez-Castañeda et al. (2017) para determinar la especie (Figura 2).

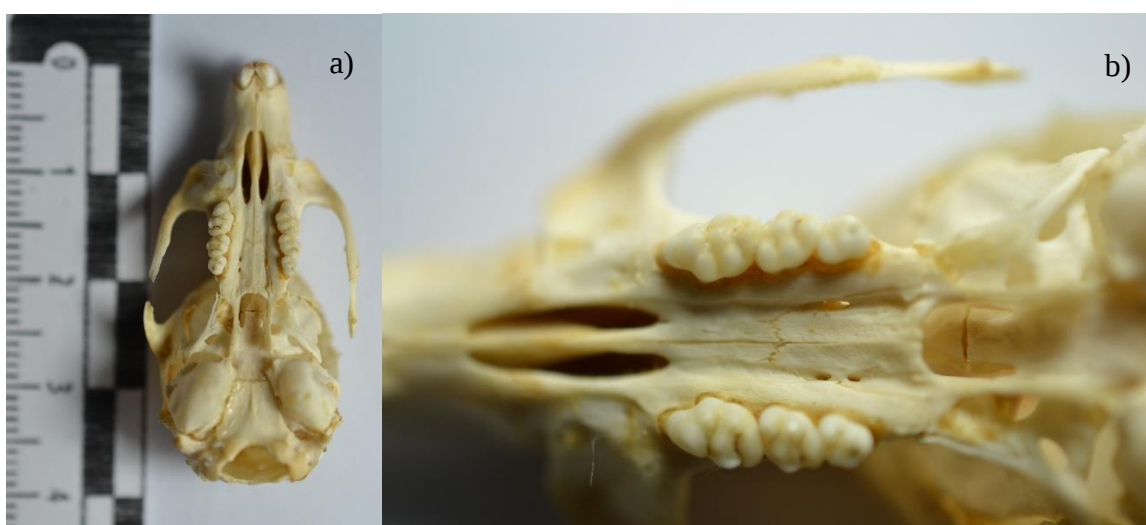


Figura 2. Cráneo de *Rattus rattus* perteneciente al ejemplar encontrado en Isla Todos Santos Sur. a) Vista del maxilar superior. b) Detalle de los molares superiores. Fotografías: Judith Pampa.

Referencia:

Álvarez-Castañeda, S. T., Álvarez, T. y González-Ruiz, N. (2017). *Keys for Identifying Mexican Mammals Revised and Updated Edition*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.

Anexo 17. Justificación de la valoración de la Isla Todos Santos Sur como objeto de conservación.

La Isla Todos Sur forma parte de un complejo de islas que son reconocidos por ser sitios de importancia para la conservación, debido a su gran diversidad de especies, endemismos y colonias reproductivas de aves y mamíferos marinos. Desde diciembre de 2016 forma parte de la Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California.

La isla tiene una superficie aproximada de 89 ha, se ubica a aproximadamente 16 km del puerto de Ensenada Baja California. Presenta una vegetación de matorral costero, característico de las islas de la zona.

Entre sus atributos presenta una gran variedad de especies: cuatro lagartijas: *Uta stansburiana* (amenazada), *Sceloporus occidentalis*, *Plestiodon skiltonianus* y *Anniella stebbinsi*; así como dos especies de serpientes: *Diadophis punctatus* y *Lampropeltis herrerae*, esta última considerada como endémica,

Las aves registradas en la isla sur incluyen algunas especies de rapaces como *Athene cunicularia*, *Falco peregrinus* y *Tyto alba*; también varias de passeriformes, por ejemplo, *Haemorrhous mexicanus*, *Sayornis nigricans*, *Vermivora celata*, *Passerculus sandwichensis* incluyendo la subespecie extinta de gorrión *Aimophila ruficeps santorum*

Durante la temporada de reproducción anidan ocho especies de aves marinas: *Phalacrocorax auritus*, *P. pelagicus* y *P. penicillatus*; *Ptychoramphus aleuticus*, *Synthliboramphus scrippsi* y *Oceanodroma homochroa*; además de *Pelecanus occidentalis* y *Larus occidentalis* que concentran una población estimada de 1200 y hasta 9000 parejas reproductoras respectivamente.

Los mamíferos presentes dentro de la isla se reducen a una especie, *Peromyscus maniculatus dubius*, ya que la rata endémica de la isla, *Neotoma anthonyi*, se considera extinta. Pero en los alrededores se encuentran colonias de lobo marino (*Zalophus californianus*), elefante marino (*Mirounga angustirostris*).

En cuanto a infraestructura existe una pequeña estación del Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI), una baliza e instalaciones de la empresa *Pacifico Aquaculture* ubicadas en la Isla Sur, esta última tiene una concesión para la cría de peces en las aguas circundantes a la isla.

En la zona marítima adyacente se extrae erizo (*Strongylocentrotus franciscanus* y *S. purpuratus*) que es una de las principales pesquerías de la región. Históricamente la isla ha sido visitada por los humanos, desde los indígenas Kumiai, existen concheros que prueban su arribo a la isla, hasta los turistas que llegan por los paseos ofrecido alrededor de la bahía.

Referencias: DOF (2016b); Maldonado (2016); Samaniego et al. (2007).

Anexo 18. Ficha de *Lampropeltis herrerae* para su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con base en el (MER). La propuesta fue enviada en respuesta a la convocatoria de la SEMARNAT para la actualización de la Norma Oficial Mexicana

Propuesta para la inclusión de *Lampropeltis herrerae* como taxón en la categoría de En Peligro de Extinción en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT



Elaborado por:

Biol. Judith Teodora Pampa Ramírez

Dra. Anny Peralta García

Dr. Gorgonio Ruiz Campos

Dra. Claudia Leyva

Con el apoyo financiero de JiJi Foundation

30 de julio de 2021

1. Datos generales del responsable

Biol. Judith T. Pampa Ramírez
 Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California
 Carr. Transpeninsular 3917 UABC, 22860
 jpampa@uabc.edu.mx

Otros especialistas participantes

Dra. Anny Peralta García
 Conservación de Fauna del Noroeste, A.C.
 anny.peralta@faunadelnoroeste.org

Dr. Gorgonio Ruiz Campos
 Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California
 gruiz@uabc.edu.mx

Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera
 Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California
 cleyva@uabc.edu.mx

2. Nombre científico válido

Lampropeltis herrerae Van Denburgh & Slevin, 1923, localidad tipo: isla Todos Santos Sur

Sinónimos

Lampropeltis zonata herrerae Van Denburgh & Slevin, 1923,
Lampropeltis multicincta herrerae Klauber, 1943
Lampropeltis herrerae Grismer, 2001
Lampropeltis multifasciata Myers et al. 2013

Nombres comunes

- Culebra real de Todos Santos. Español. Su nombre hace referencia al área específica y única donde habita de manera natural.
- Serpiente rey de Isla Todos Santos. Español.
- Isla Todos Santos Sur Mountain Kingsnake. Inglés.

Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Reptilia

Orden: Squamata

Familia: Colubridae

Nota taxonómica

Este taxón ha sufrido una serie de cambios taxonómicos. Originalmente fue descrita como *Lampropeltis herrerae* en 1923, aunque el mismo año Van Denburgh & Slevin la continuaron llamando *Lampropeltis zonata herrerae* y se mantuvo así por varios años, hasta que Grismer (2001) elevó la subespecie a especie basado en diferencias en coloración y morfología con individuos de *Lampropeltis zonata*. Su decisión se basó también en los estudios previos de Hayes (1975) y Rodríguez-Robles et al. (1999) quienes indicaron que *Lampropeltis herrerae* representaba un linaje único basado en datos moleculares. Recientemente Myers et al. (2013) sinonimizó *Lampropeltis herrerae* con *Lampropeltis multifasciata*, pero no presentó ningún argumento para su razonamiento. Por lo que Hollingsworth et al. (2015) no aceptan dicha taxonomía. Por tal motivo los presentes autores seguimos la taxonomía propuesta por Grismer (2001) debido a las características morfológicas que la distinguen de poblaciones peninsulares de *Lampropeltis*, y la evidencia de que representa un linaje evolutivo distinto que no tiene conexión actual con la península, representando un linaje con adaptaciones evolutivas a dicho ambiente insular.

Por otro lado, consideramos un error el cambio de taxonomía realizado en la actualización del 2019 de la NOM 059-SEMARNAT, donde la especie se coloca en sinonimia con *Lampropeltis zonata*, dado que las referencias bibliográficas que se presentaron en dicha solicitud (Heimes 2016, y Wallach et al. 2004) representan fichas de especies, no estudios taxonómicos, y no aclaran por qué deciden utilizar la taxonomía anterior a Grismer (2001), a pesar de la evidencia que existe para mantener la población de isla Todos Santos Sur como una especie distinta. Por lo que sugerimos mantener la taxonomía como *Lampropeltis herrerae*, particularmente dada la historia evolutiva de la especie.



La culebra real de Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) es endémica de la Isla Todos Santos Sur, Ensenada, Baja California, México. Fue descrita por Van Denburgh y Slevin en 1923. Perteneció a la Familia Colubridae y al género *Lampropeltis* que incluye a las culebras reales y a las falsas coralillos. Su color es negro, con bandas blancas a lo largo del cuerpo, en ocasiones tiene bandas incompletas de color rosa pálido; de hocico negro y cabeza con escamas lisas típicas de un colúbrido.

3. Motivos de la propuesta

Lampropeltis herrerae presenta una distribución muy restringida, incluso dentro del territorio insular de Isla Todos Santos Sur, estuvo sometida a la disminución de su población por efecto de la extracción furtiva para comercio ilegal de mascotas, así como la presencia de especies exóticas invasoras que estuvieron presentes en la isla. Por lo que se vuelve de suma importancia incluirla en la Norma Oficial Mexicana 059 ya que el resultado del MER la asigna como **En peligro de extinción**.

4. Método de evaluación de riesgo

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México

Descripción de la distribución

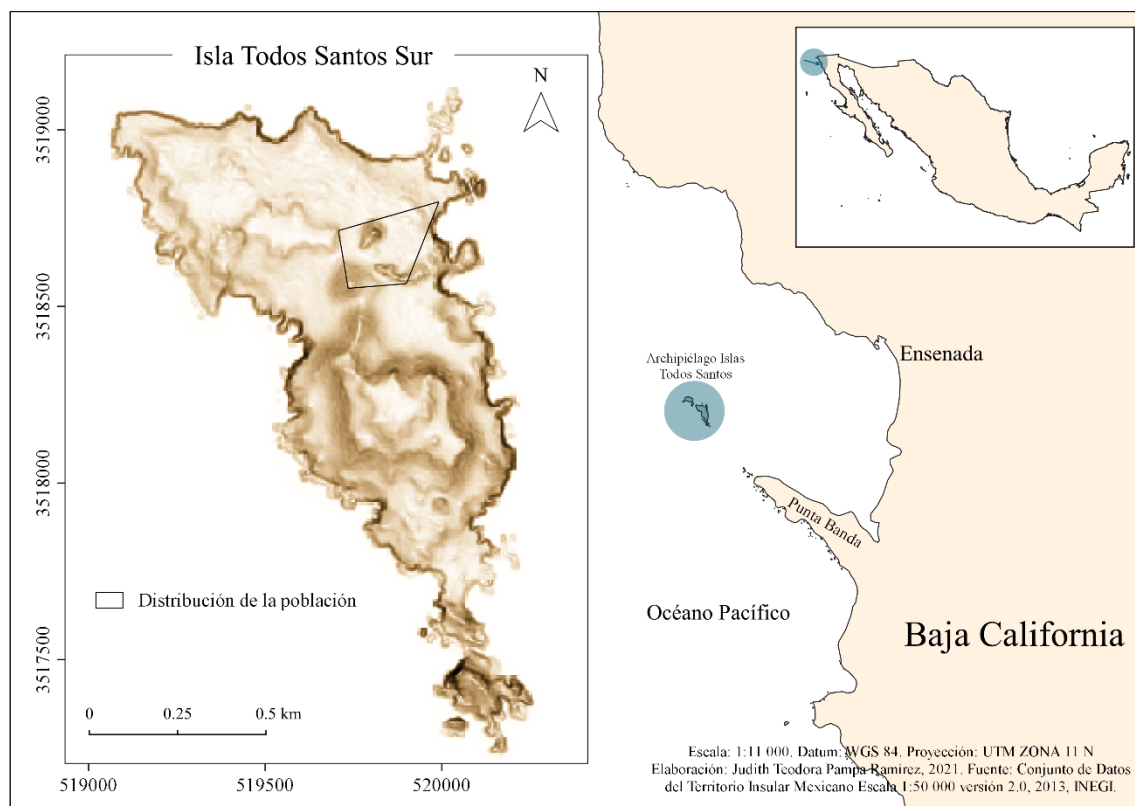
La culebra real de Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) es considerada una especie microendémica debido a su distribución única en la Isla Todos Santos Sur (Grismer, 2002; Samaniego et al., 2007) del Archipiélago Islas Todos Santos en Ensenada Baja California, México. La distribución de *L. herrerae* es prácticamente toda la Isla Sur (Heimes, 2016) que mide cerca de 1.8 km de largo y 1 km de ancho en la parte más amplia. El ámbito de distribución parecen ser las zonas rocosas (Grismer, 2002) las cuales se extienden en las laderas de los lomeríos presentes al interior de la isla y la planicie noreste (Pampa-Ramírez, 2021) que en conjunto cubren aproximadamente el 30% de las 89.4 ha de superficie total de la Isla Sur.

Método de construcción del mapa

El mapa fue realizado por Pampa-Ramírez (2021) con las coordenadas obtenidas de los puntos de las evidencias (mudas e individuos detectados) de la serpiente, calculó el Polígono Convexo Mínimo con el 95% de los datos. El mapa fue realizado con el programa QGIS® Versión 3.4.1-Madeira utilizando el “Modelo Digital de Elevación tipo terreno con 3 m de resolución, H11B11 edición 2018” del INEGI.

Evaluación del tamaño relativo de la distribución

El área de distribución de *Lampropeltis herrerae* en México es de 4.29 ha, área obtenida del registro de evidencias de la especie (Pampa-Ramírez, 2021). Lo que equivale a menos del 0.01% del territorio nacional. Al ser una especie microendémica y tener un área de distribución **muy restringida**, menos del 5% del territorio nacional, es que se le asignan **4 puntos** en la escala del MER para el Criterio A.



Distribución *Lampropeltis herrerae*, indicando los registros actuales por Pampa-Ramírez (2021), los cuales solo fueron encontrados en la zona noreste de la isla (polígono en el mapa). *Mapa modificado, no muestra las ubicaciones exactas por seguridad y discreción.

Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón

Antecedentes (tipo de hábitat que la especie ocupa)

La Isla Todos Santos Sur presenta un clima mediterráneo, con lluvias en invierno y la estación seca en verano (Peinado y Delgadillo, 1990). Su topografía es diversa: laderas rocosas con altitudes de 40 a 96 m y pendientes de moderadas a fuertes entre los 10 y 40 grados y planicies de 10 a 35 m de altitud, con pendientes suaves a moderadas, de 0 a 12 grados (Pampa-Ramírez, 2021). No existen grandes cañadas ni cuerpos de agua dulce (Junak y Philbrick, 1994).

La vegetación es matorral costero (González-Abraham et al., 2010), una mezcla de plantas arbustivas, anuales, perennes y de varias herbáceas. Entre las especies dominantes se encuentran: *Artemisa californica*, *Bergerocactus emoryi*, *Encelia californica*, *Euphorbia misera*, *Hazardia berberidis*, *Isocoma menziesii*, *Malosma laurina*, *Opuntia oricola* y *Rhus integrifolia* (Junak y Philbrick, 1994). Actualmente la isla forma parte de la Reserva de la

Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California decretada en diciembre de 2016 (DOF, 2016a).

El hábitat idóneo para el desarrollo de la especie incluye los lomeríos y las planicies ubicadas en la parte noreste de la isla; donde, en las zonas rocosas y cubiertas de vegetación nativa, se han encontrado ejemplares (Pampa-Ramírez, 2021). La actividad de la serpiente puede ser todo el año (Heimes, 2016), aunque el periodo de mayor actividad está reportado para los meses de abril a junio (Grismer, 2002). Ejemplares de *L. herrerae* han sido observados bajo la superficie de las rocas, principalmente laderas rocosas, que les sirven de refugio para la puesta de huevos y prepararse para el cambio de piel (Pampa-Ramírez, 2021). Además, en estos sitios encuentran alimento que incluye al ratón *Peromyscus maniculatus dubius* (Pampa-Ramírez, 2021) y las lagartijas del género *Sceloporus* y *Plestiodon* (Grismer, 2002).



Hábitat de *Lampropeltis herrerae* en isla Todos Santos Sur.

Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat

La Isla Todos Santos Sur tiene un largo historial de especies exóticas. Gatos ferales y conejos europeos fueron comunes desde los años 1912 y 1969 respectivamente hasta que fueron erradicados (Donlan et. al., 2000). Parte de los estragos causados por estas especies es la modificación del hábitat y el desplazamiento de las especies nativas propiciando que en algunos sitios perturbadas están presentes pastos y hierbas no nativos (Junak y Philbrick, 1994).

Para evaluar la calidad del hábitat utilizado por la especie, Pampa-Ramírez (2021) hizo una evaluación del estado del hábitat en seis parcelas de 10x10m donde midió la cobertura y

vegetal y el grado de perturbación de las parcelas y encontró que todas presentan algún grado de perturbación (50% de tipo humano, 17 % natural y el 33% ambos). Los caminos, basura y suelo cubierto por plantas no nativas fueron el tipo de disturbio más común con una intensidad media. Las especies de plantas no nativas encontradas fueron la suculenta invasora *Mesembryanthemum crystallinum* y la gramínea exótica *Avena sp.* que cubrieron entre el 30% y 65% de las parcelas. Estas alteraciones al hábitat, principalmente las causadas por la presencia de las plantas exóticas, podrían ocasionar la disminución de las presas del taxón, ya que existe un efecto de reducción en la abundancia de reptiles y mamíferos, en hábitats de matorrales como el de la isla, con la presencia de estas plantas (Schirmel et. al, 2016).

Evaluación del estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales del taxón

Las necesidades naturales de *L. herrerae* son los sitios rocosos, con vegetación nativa. De acuerdo con las características del estado actual del hábitat se encontró que las condiciones son limitantes, donde el hábitat presenta una perturbación media y que de continuar podrían presentarse cambios en la composición de la flora y fauna. Debido a esta situación es que se clasificó el estado actual del hábitat como **intermedio o limitante** por lo que se le asignan **2 puntos** en la escala del MER para el **Criterio B**.



Impacto de pastos introducidos en la isla Todos Santos Sur, donde se aprecia su dispersión en toda la isla, y su abundancia.

Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón

Antecedentes (historia de vida) del taxón

La culebra real de Todos Santos (*L. herrerae*) es una serpiente de talla mediana, suelen medir entre 50 y 80 cm de Longitud Hocico-Cloaca (LHC; Greene y Rodríguez-Robles, 2003) y 106 cm de Longitud Total (LT; Heimes, 2016). Ponen entre 3 y 13 huevos durante el verano (Cunningham, 1959; Grismer, 2002; Heimes, 2016; Tryon y Murphy, 1982), los cuales eclosionan entre agosto y septiembre (Heimes, 2016). Las crías miden entre 19-27 cm de LT (Tryon y Murphy, 1982) y alcanzan la madurez sexual alrededor de los 45 y los 52 cm de LHC (Goldberg, 1995). Debido al aislamiento, depende de los recursos presentes en la Isla Sur ya que se alimenta de las lagartijas presentes en la isla (Grismer, 2002).

Las serpientes en islas habitan áreas pequeñas y suelen estar compuestas por pocos individuos con baja variabilidad genética (Frankham, 1997; Martins y Nilson, 2008). Además, son más susceptibles a las especies introducidas (Pimm, 1996; Walsh et al., 2012), ya que no presentan adaptaciones para poder combatirlas, por ejemplo, la depredación, competencia, enfermedades o desplazamiento que pudieran darse con la introducción de especies no nativas al ecosistema insular (Whittaker y Fernández-Palacios, 2007).

Las serpientes, al ser organismos ectotérmicos, están en contacto continuo con el suelo, u otras superficies, por lo que están sometidas a los intercambios de calor en el sustrato, incluyendo el intercambio de calor por convección por el movimiento del aire; además, las serpientes son animales que perciben su entorno a través de los estímulos externos y son sensibles a los estímulos vibratorios de entre los 600 y 1000 Hertz (Lillywhite, 2014).

Análisis diagnóstico del taxón

Para determinar el tamaño poblacional de la especie, Pampa-Ramírez (2021) realizó un muestreo semidirigido al hábitat de la serpiente mediante recorridos en las principales unidades fisiográficas de la Isla Todos Santos Sur durante los meses de mayo a octubre de 2019. Encontró que la que la población presenta una población pequeña (abundancia relativa de 0.04) y está presente en densidades bajas (ocho individuos cada 2.3 ha). De los ejemplares que observó encontró que seis fueron adultos (dos hembras y cuatro machos); dos juveniles (un macho y otro no determinado); y ninguna cría. La longitud total máxima fue de 101 cm (una hembra) y la mínima un juvenil (sexo no determinado) con 43 cm. La proporción de sexos en los individuos con potencial reproductivo que observó está sesgada hacia los machos (M:H = 2:1) afectando las posibilidades de multiplicación y su desarrollo evolutivo. También menciona que la población se concentra en las zonas rocosas en la parte noreste y que las plantas invasoras llegaron a cubrir más del 50% de la superficie de la isla

provocando cambios en las superficies de termorregulación necesarios para los reptiles de la isla.

Evaluación de qué factores lo hacen vulnerable

Al considerar los factores de vulnerabilidad biológica intrínseca de *L. herrerae* se encontró que está presente con densidades bajas, que existe un sesgo de machos por lo que su potencial reproductivo puede ser entre bajo y medio. Además de la vulnerabilidad propia de la serpiente a los cambios en la temperatura, así como por el proceso de aislamiento y la mayor susceptibilidad a los impactos en su hábitat, por estas razones se le asignan **3 puntos** en la escala del MER para el **Criterio B**

Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón

Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos

Introducción de especies exóticas. A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, estas islas fueron objeto de diversas expediciones científicas durante las cuales fueron observados gatos exóticos depredando fauna nativa; aparentemente introducidos después de 1912 (Carter et al., 2006); más tarde, en 1969, se introdujeron conejos europeos y a finales de 1998, ambos, fueron erradicados (Donlan et al., 2000). Los gatos ferales son responsables de al menos el 14% de las extinciones de vertebrados insulares (Medina et al., 2011) y es posible que compitieran por alimento e incluso llegaron a depredar a la culebra real de Todos Santos (Donlan et al., 2000) disminuyendo su población. Desafortunadamente la rata de Todos Santos (*Neotoma anthonyi*) registrada para la Isla Sur y el gorrión de corona rufa (*Aimophila ruficeps sanctorum*) se extinguieron a causa de ellos (Mellink, 1992).

Pampa-Ramírez (2021) reporta la presencia de un ejemplar, no vivo, de rata casera o negra (*Rattus rattus*) que posiblemente fue transportado a la isla por una gaviota (*Larus* sp.) así como la presencia de *Mesembryanthemum crystallinum* y *Carpobrotus edulis* que se encuentran en la lista de especies exóticas invasoras para México (DOF, 2016b), además de la gramínea exótica *Avena* sp.

Colecta ilegal. Algunas especies de reptiles que son “raras” o de hábitat de difícil acceso, como las islas, son atractivas para los coleccionistas y suelen ser extraídas y comercializadas de forma ilegal; esta práctica puede llevar a la sobreexplotación y afectar su supervivencia (Auliya et al., 2016). *Lampropeltis herrerae* ha sido buscada por los coleccionistas de reptiles; Mellink (1995) encontró trampas ilegales para serpientes y

reportó que algunos extranjeros habían ofrecido comprar a los pescadores de la isla serpientes de ese lugar. Pampa-Ramírez (2021) registró cuatro trampas ilegales inactivas, posiblemente abandonadas; además, encontró fotografías de ejemplares criados en cautiverio en páginas de coleccionistas de reptiles, pero no logró determinar si la extracción de la serpiente persiste.

Desembarco de turistas. El Archipiélago es un referente para los turistas que visitan el puerto, ya que se ofrecen paseos en lancha alrededor de las islas y a pesar de que el ingreso a la Isla Sur está restringido, no existe vigilancia en el sitio. Pampa-Ramírez (2021) reportó el desembarco de turistas en la Isla Sur, así como entusiastas que ingresan en la búsqueda de la serpiente para fotografiarla, pero sin contar con los permisos necesarios para dicha actividad. Además, menciona que en los principales senderos se puede observar basura que muy probablemente sea dejada por quienes ingresan a la isla.

Análisis pronóstico del taxón

La cercanía al puerto de la ciudad de Ensenada y la presencia constante de personas ingresando a la isla, si no siguen los protocolos de bioseguridad, es un riesgo latente de introducción de especies no nativas, de las cuales la Isla Sur ya tiene un historial de su presencia y los efectos que llevaron a la extinción a dos especies de vertebrados.

De continuar las perturbaciones humanas, que por el momento son de intensidad mediana, pero podrían aumentar a alto poniendo en riesgo el hábitat de la serpiente y a otras especies nativas de la isla. Aun cuando no se sabe si la extracción ilegal continúa, no debe descartarse. Por el momento, solo se han registrado visitantes en su búsqueda para fotografiarla, por lo que se deduce que sigue siendo atractiva. Debido a que no existe vigilancia, cualquier persona pudiera ingresar a la isla y extraerla.

Evaluación del impacto

Debido al potencial que presentan las amenazas registradas para el taxón es que se le asignan **3 puntos** en la escala del MER para el **Criterio D**.

5. Valor total del MER

A= 4, B= 2, C= 3, D= 3. Total= 12. De acuerdo con el total de 12 puntos obtenidos mediante la evaluación por el MER, se sitúa a *Lampropeltis herrerae* como una especie **En peligro de extinción (P)**.

6. Relevancia del taxón

La culebra real Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) puede ser considerada como una unidad evolutiva significativa (Casacci et. al, 2014); presenta adaptaciones morfológicas diferenciales de las continentales (Klauber, 1943); ha evolucionado aislada (Grismer,

2001) y desempeña un papel ecológico único en el ecosistema insular: reemplazo de los carnívoros superiores endotérmicos (Martins y Lillywhite, 2019). Debido al riesgo de extinción que posee, a su importancia como unidad evolutiva aislada y a su valor estético, es merecedora de atención para su conservación.

7. Consecuencias indirectas de la propuesta

El incluir esta especie en la lista del Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT como En peligro de extinción permitirá priorizar los esfuerzos de conservación de esta y a su vez proporcionará información para el plan de manejo de la Reserva de la Biosfera Islas de la Península de Baja California que incluye la Isla Todos Santos Sur, hábitat de esta serpiente.

8. Análisis de costos

El incluir esta especie en la lista del Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT como En peligro de extinción representará la necesidad de la gestión de recursos, de origen nacional e internacional, para poder llevar a cabo las propuestas de conservación de la especie que permitirán evitar su extinción y asegurar su permanencia en la isla.

9. Análisis de beneficios

El incluir esta especie en la lista del Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT como En peligro de extinción permitirá priorizar esfuerzos de su conservación a través del desarrollo de programas de manejo integrales que podrían incluir no solo al taxón si no también al ecosistema insular y las especies endémicas que ahí habitan. Además, se estaría asegurando el cumplimiento de los acuerdos internacionales a los que el país se ha comprometido que contribuyen a la agenda de la conservación de la biodiversidad mundial.

10. Propuestas de medidas de seguimiento

Si bien, el hábitat de la culebra real, en la Isla Sur, se encuentra bajo la protección de Área Natural Protegida, se conoce muy poco sobre la biología de esta especie insular, por lo que se sugiere continuar con el monitoreo de la serpiente, para evaluar la tendencia de la población, conocer más de su historia natural y ecología. Además, se debe contemplar el estado genético de la población para mejorar las medidas de manejo de la especie en cuestión.

Aun cuando sean encontrado pocos ejemplares, no se descarta que existan más. El nivel de observación bajo pudo ser por las condiciones del hábitat: pastos no nativos y las herbáceas anuales cubriendo densamente la isla. Se requiere un estudio específico para evaluar su efecto sobre la flora y fauna del hábitat y de ser necesario tomar medidas para su control y erradicación.

Disminuir los impactos humanos que ponen en riesgo al taxón. Para ello se debe reforzar la vigilancia de las medidas de bioseguridad insular, para evitar la introducción de especies exóticas, así como la regulación y vigilancia de los desembarcos no autorizados a la isla para evitar que continúe la perturbación en el hábitat de la serpiente. Además, se debe comenzar con medidas acertadas de divulgación para su conservación entre los posibles grupos de usuarios de la isla

11. Referencias

- Auliya, M., Altherr, S., Ariano-Sanchez, D., Baard, E. H., Brown, C., Brown, R. M. y Ziegler, T. 2016. Trade in live reptiles, its impact on wild populations, and the role of the European market. *Biological Conservation*, 204, 103-119.
- Carter, H. R., Whitworth, D. L., Newman, S. H., Palacios, E., Koepke, J. S., Hébert, P. N., & Gress, F. 2006. Preliminary assessment of the status and health of Xantus's Murrelets (*Synthliboramphus hypoleucus*) at Todos Santos Islands, Baja California, Mexico, in 2005. In Unpublished report.
- Casacci, L. P., Barbero, F., y Balletto, E. 2014. The "Evolutionarily Significant Unit" concept and its applicability in biological conservation. *Italian Journal of Zoology*, 81(2), 182–193.
- Cunningham, J. D. 1959. Reproduction and food of some California snakes. *Herpetologica*, 15(1), 17-19.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2016 a. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Islas del Pacífico de la Península de Baja California. Diciembre 7 de 2016
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2016 b. Acuerdo por el que se determina la Lista de Especies Exóticas Invasoras para México. Diciembre 7 de 2016.
- Donlan, C. J., Tershy, B. R., Keitt, B. S., Wood, B., Sanchez, J. A., Weinstein, A. y Alguilar, J. L. 2000. Island conservation action in northwest Mexico. In *Proceedings of the fifth California islands symposium*, 330-338.
- Frankham, R. 1997. Do island populations have less genetic variation than mainland populations? *Heredity*, 78, 311–327.
- Goldberg, S. 1995. Reproduction in the California Mountain Kingsnake, *Lampropeltis zonata* (Colubridae), in Southern California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 94(3), 218.
- González-Abraham, C. E., Garcillán, P. P., y Ezcurra, E. 2010. Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 87, 69–82.
- Greene, H. W., y Rodríguez-Robles, J. A. 2003. Feeding ecology of the California Mountain Kingsnake, *Lampropeltis zonata* (Colubridae). *Copeia*, (2), 308–314.

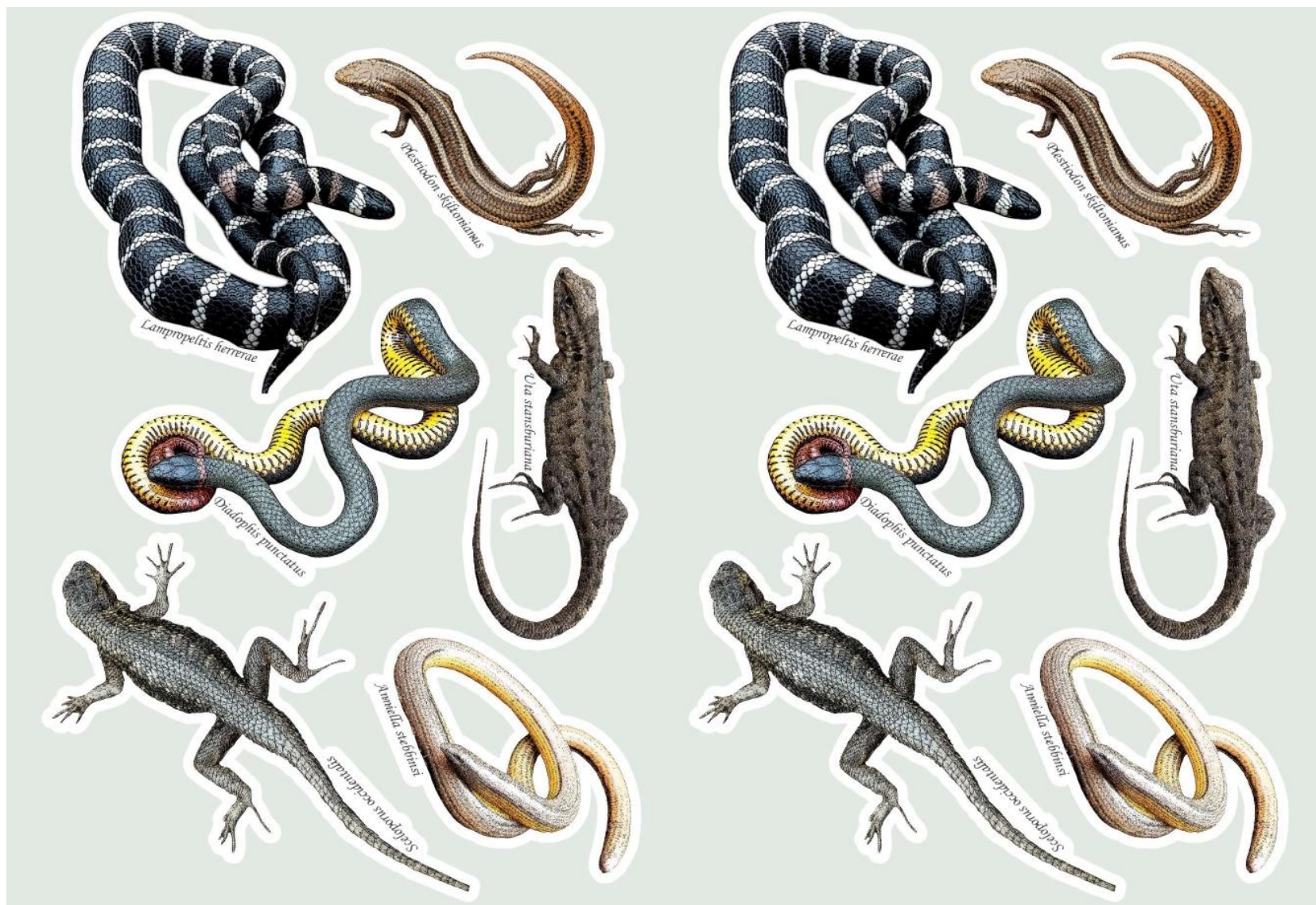
- Grismer, L. 2001. An evolutionary classification and checklist of amphibians and reptiles on the Pacific Islands of Baja California, México. *Bull. Southern California Acad. Sci.*, 100(1), 12–23.
- Grismer, L. 2002. *Amphibians and reptiles of Baja California. Including its Pacific Islands and the islands in the Sea of Cortés*. Berkeley, California: University of California Press.
- Hayes, M. P. 1975. The taxonomy and evolution of *Lampropeltis zonata*. M.S. thesis, California State Univ., Chico.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna mexicana Vol. I. Snakes of Mexico* (1st ed.). Frankfurt: Edition Chimaira.
- Hollingsworth, B.D., C.R. Mahrtdt, L.L. Grismer y R.E. Lovich. 2015. Herpetofauna de Baja California. Pp. 221–240. En J.A. Lemos-Espinal (Ed.). *Anfibios y Reptiles de los Estados de la Frontera México-Estados Unidos*. Texas A&M University Press, Texas, USA.
- Junak, S. A., y Philbrick, R. 1994. The vascular plants of Todos Santos Island, Baja California, Mexico. En: Halvorson, W. L. y Maender, G. J. (Eds.), *Proceedings of the Fourth California Islands Symposium*: (pp. 407–428). Santa Barbara, California: Santa Barbara Museum of Natural History.
- Klauber, L. M. 1943. The coral king snakes of the Pacific Coast. *Transactions of the San Diego Society of Natural History*, 10(6), 75–82.
- Lillywhite, H. B. 2014. *How snakes work: structure, function, and behavior of the world's snakes*. Oxford University Press.
- Martins, M. y Lillywhite, H. B. 2019. Ecology of snakes on islands. En: Lillywhite, H. B. & Martins, M. (Eds.), *Islands and snakes. Isolation and adaptive evolution* (pp. 1–44). New York: Oxford University Press.
- Martins, M., y Nilson, G. 2008. Special section. Snakes on islands: ecology, evolution, and conservation. *South American Journal of Herpetology*, 3(2), 122.
- Medina, F. M., Bonnaud, E., Vidal, E., Tershy, B. R., Zavaleta, E. S., Josh Donlan, C. y Nogales, M. 2011. A global review of the impacts of invasive cats on island endangered vertebrates. *Global Change Biology*, 17(11), 3503–3510.
- Myers, E. A., J. A. Rodríguez-Robles, D. F. Denardo, R. E. Staub, A. Stropoli, Sara Ruane, y F. T. Burbrink. 2013. Multilocus phylogeographic assessment of the California Mountain Kingsnake (*Lampropeltis zonata*) suggests alternative patterns of diversification for the California Floristic Province. *Molecular Ecology* 22(21):5418–5429.
- Mellink, E. 1992. The status of *Neotoma anthonyi* (Rodentia, Muridae, Cricetinae) of Todos Santos Islands, Baja California, Mexico. *Bull. Southern California Acad. Sci.*, 91(3), 137–140.

- Mellink, E. 1995. The potential effect of commercialization of reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands. *Herpetological Natural History*, 3(1), 95–99.
- Pampa-Ramirez, J. T. 2021. Propuesta de manejo para la conservación de la serpiente rey de Isla Todos Santos (*Lampropeltis herrerae*) en Ensenada Baja California, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, en proceso.
- Peinado, M., y Delgadillo, J. 1990. Introducción al conocimiento fito-topográfico de Baja California (México). *Studia Botanica*, 9, 25-39.
- Pimm, S. L. 1996. Lessons from a kill. *Biodiversity and Conservation*, 5(9), 1059–1067.
- Rodríguez-Robles, J. A., y J. M. de Jesús-Escobar. 1999. Molecular systematics of New World lampropeltine snakes (Colubridae): Implications for biogeography and food habits. *Biol. J. Linn. Soc.* 68:355–385.
- Samaniego, A., Peralta, A., y Aguirre, A. 2007. Vertebrados de las islas del Pacífico de Baja California: Guía de campo. Ensenada. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C.
- Schirmel, J., Bundschuh, M., Entling, M. H., Kowarik, I., y Buchholz, S. 2016. Impacts of invasive plants on resident animals across ecosystems, taxa, and feeding types: a global assessment. *Global Change Biology*, 22(2), 594-603.
- Tryon, B. W., y Murphy, J. B. 1982. Miscellaneous notes on the reproductive biology of reptiles. 5. Thirteen varieties of the genus *Lampropeltis*, species *mexicana*, *triangulum* and *zonata*. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 85(2), 96–119.
- Van Denburgh, J., y Slevin, J. 1923. Preliminary diagnoses of four new snakes from lower California, México. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 13(1), 1–2.
- Wallach, W., Kenneth, L. W. y Jeff, B. 2014. *Snakes of the World. A Catalogue of living & extinct species*. CRC Press, 1209 p.
- Walsh, J. C., Venter, O., Watson, J. E. M., Fuller, R. A., Blackburn, T. M., y Possingham, H. P. 2012. Exotic species richness and native species endemism increase the impact of exotic species on islands. *Global Ecology and Biogeography*, 21(7/8), 841–850.
- Whittaker, R. J., y Fernández-Palacios, J. M. 2007. *Island biogeography* (1st ed.). New York: Oxford University Press.

12. Resumen

Nombre de la especie	<i>Lampropeltis herrerae</i> Van Denburgh & Slevin, 1923		
Categoría propuesta	En peligro de extinción (P)		
Distribución	Isla Todos santos Sur, restringida a las zonas rocosas de la misma, representando menos del 0.01% del territorio nacional.		
Diagnóstico	En riesgo debido a la vulnerabilidad biológica intrínseca de la especie, a los cambios que ha sufrido su hábitat y a los posibles impactos antropogénicos que ejercen presión sobre ella.		
Riesgos para la especie	Introducción de especies exóticas invasoras, expuesta a la colecta ilegal, presencia de turistas en su hábitat.		
MER	Criterio A (distribución)	Muy restringido	4 pts.
	Criterio B (hábitat)	Intermedio/limitante	2 pt.
	Criterio C (Vulnerabilidad intrínseca del taxón)	Alta	3 pts.
	Criterio D (Impacto humano)	Medio	3 pts.
	TOTAL =		12 pts.
Otras consideraciones	Es una especie microendémica restringida al hábitat insular único. Se necesita continuar con los estudios sobre su historia natural y ecología. Para la conservación de esta especie se requiere tomar acciones para regular el impacto humano, así como el control de las plantas exóticas presentes en el hábitat de la especie.		
Responsable de la propuesta	Biol. Judith Teodora Pampa Ramírez Universidad Autónoma de Baja California. jpampa@uabc.edu.mx		
Otros especialistas participantes	Dra. Anny Peralta García Conservación de Fauna del Noroeste A.C. anny.peralta@faunadelnoroeste.org Dr. Gorgonio Ruiz Campos Universidad Autónoma de Baja California gruiz@uabc.edu.mx Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera Universidad Autónoma de Baja California cleyva@uabc.edu.mx		





Imprimir en hoja de calcomanía o blanca y recortar por el contorno blanco de cada figura.

Continuación Anexo 19. Ejemplos de estrategias de divulgación. Modelo tridimensional como material de apoyo para exposición presentado en la XXXVI Semana de Ciencias 2019 de la Facultad de Ciencias, UABC.





Judith nació en la ciudad de Guadalajara Jalisco, México. Ingresó a la Universidad de Guadalajara en el año 2004 y en el 2010 obtuvo el grado de licenciado en biología con una revisión taxonómica de las serpientes de la Familia Leptotyphlopidae en Hidalgo. Desde el año 2005, y hasta el final del 2014, trabajó en el Departamento Educativo del Zoológico Guadalajara; fue guía y responsable de uno de los programas de Cursos de Verano y de una de las áreas de ese departamento. Ha colaborado en proyectos de monitoreo biológico y conservación de fauna silvestre. Ha participado en eventos como los “Encuentros de la niñez por la conservación” de Acuario Mazatlán; el “Día de puertas abiertas” de la estación de Biología Chamela-UNAM y la “Semana de Ciencias” de la Facultad de Ciencias de la UABC. En 2016 tuvo la oportunidad de trabajar en las Islas del Pacífico Mexicano lo que la llevó a interesarse en las serpientes en islas.

Su principal interés en la biología es la conservación de la vida silvestre y la divulgación de la ciencia. Le apasionan los paseos en bicicleta y la danza contemporánea; además, elabora todo tipo de manualidades inspiradas en la naturaleza.