



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“BASE DE DATOS GEORREFERENCIADA DE
OCURRENCIAS DE PARÁSITOS DE AVES
DOMÉSTICAS Y SILVESTRES EN MÉXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
PRESENTA:

C E C I L I A M A R I N A V Á Z Q U E Z
V E G A

ASESORA

MVZ Yazmín Alcalá Canto



Ciudad Universitaria, Cd.Mx

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mi querido abuelo Alfonso Vega Elizalde, por tu historia, enseñanzas, sabiduría, amor y cariño que siempre me demostraste hasta el último instante de tu presencia. Por los recuerdos que forjaste en mi infancia y que a la fecha guardo en mi corazón. Por los momentos difíciles en los que has estado a mi lado cuidándome y protegiéndome siempre, por nunca abandonarme, por mostrarme el verdadero amor de un padre hacia una nieta, por que con honor cumplo mi palabra y pretendo seguir mi crecimiento emocional, académico y espiritual para lograr lo que me proponga al igual que tú.

A mi querida abuela Guadalupe Aceves Saínos, por tu amor, ternura, cariño, vitalidad que siempre demuestras día con día a pesar de tu edad. Por tus enseñanzas en el cuidado de la naturaleza en el jardín, por el amor y respeto a las plantas y aves, a mis seres queridos. Por los recuerdos que forjaste en mi infancia y que a la fecha guardo en mi corazón.

A Biruté Galdikas, por ser una de las mujeres más importantes para mi motivación personal.

AGRADECIMIENTOS

A la doctora Yazmín Alcalá Canto del Departamento de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por su apoyo académico, paciencia, compartirme sus conocimientos en el tema, además por ser un gran apoyo emocional para la presentación de este trabajo.

A mi querida madre, María Guadalupe Aceves Vega siempre crees en mí a pesar de las circunstancias, tienes una gran fortaleza que demuestras día con día y eso me motiva a continuar con mis sueños. Por todo el amor y cariño que siempre me has demostrado a Nena, Wawi, Nimie, Cuqui y a mi hermana. Por ser el faro del muelle que me guía durante el día y la noche. Te adoro mamá.

A Daniel Muro, por tu amor, comprensión, risas, apoyo en los momentos difíciles y además por que hemos logrado superar obstáculos juntos. Por que quiero que sigamos creciendo y lograr nuestros sueños individuales para nuestra satisfacción emocional. Por todo el amor y atención que le brindaste a Nube desde el momento en que decidiste hacerte cargo de ella, ambas lo sabemos y te lo agradecemos. Además a tu familia: Angélica, Carlos y Emilio que ocupan un lugar importante en mi corazón.

A mis amigos más cercanos Liliana, Cinthia, Montse, Angie, Daher, Enrique, Adriana, Oskar, Brisa y Alejandra, todos ustedes me han visto crecer y siempre me han apoyado en todo. Su amistad la valoro como no tienen idea.

Gracias a la naturaleza, por permitirme tener un día más de vida para poder protegerla, conservarla y admirarla.

Contenido	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Parasitosis en aves	2
Tipos de parásitos en aves	6
Parásitos de aves domésticas	7
Parásitos de aves silvestres	14
Situación actual de la avicultura nacional	25
Georreferenciación en epidemiología	26
Servicios ecosistémicos de las aves	31
JUSTIFICACIÓN	33
HIPÓTESIS	34
OBJETIVOS	35
MATERIAL Y MÉTODOS	36
RESULTADOS	41
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS	63
CUADROS	79
FIGURAS	83

RESUMEN

VÁZQUEZ VEGA CECILIA MARINA. Base de datos georreferenciada de parásitos de aves domésticas y silvestres en México (bajo la dirección de: MVZ Yazmín Alcalá Canto)

Las técnicas de análisis georreferenciado surgieron, entre otras causas, para relacionar las variables ambientales, bióticas y abióticas con la epidemiología de varias enfermedades infecciosas. En México se ha documentado la presencia de una gran diversidad de parásitos en las aves. Sin embargo, la información se encuentra dispersa en diversos documentos. El objetivo de este trabajo consistió en recopilar, organizar y analizar la información de presencia y ocurrencias de parásitos de aves silvestres y domésticas a partir de fuentes bibliográficas y bitácoras de diagnóstico y desarrollar una base de datos georreferenciada vinculada a uno o más mapas desde el año 1990 a la fecha, así como su distribución proyectada al año 2050 considerando los efectos del cambio climático. Se integraron 982 registros a esta base; se generaron 7 mapas de ocurrencias de parásitos, correspondientes a 279 municipios, así como 23 mapas de la distribución proyectada al 2050 de acuerdo con los resultados del programa Maxent. Las variables bioclimáticas que más contribuyen a la distribución de los parásitos corresponden a la estacionalidad de la precipitación y temperatura. El conocimiento de las variables ambientales involucradas en la distribución espacial de los parásitos permitirá realizar un pronóstico acertado del riesgo de parasitosis en aves e instrumentar estrategias y programas preventivos y de conservación.

INTRODUCCIÓN

Parásitos de las aves domésticas

La relación hospedero-parásito es una de las asociaciones biológicas más complicadas de estudiar. El ambiente de un parásito se lleva a cabo dentro de otro organismo por lo que si es removido de su hospedero es un espécimen apartado de sus sistemas de apoyo vitales. El hospedero le proporciona al parásito un medio físico y químico, un espacio con características importantes de pH, potencial de oxidación-reducción, y disponibilidad de nutrientes y compuestos inorgánicos (Taylor et al. 2016).

Un ambiente complejo bioquímico es aquel donde los reguladores hormonales y el metabolismo del hospedero crean un fondo de reacciones bioquímicas contra el cual el parásito debe completar su propio ciclo de vida. Los parásitos son tan sólo una mitad de la relación hospedero-parásito. La otra mitad, el hospedero, continuamente reacciona al parásito en varios niveles de organización. El ambiente ocupado por los parásitos es adverso (Costello, 2016). Es por ello que los parásitos deben evadir el sistema inmune del hospedero, o deben estar biológicamente equipados para defenderse del mismo (Ferreira et al. 2017).

Los parásitos no evolucionan aislados, es decir, los cambios que se producen en el hospedero son igual de importantes que los que se producen en el parásito. Independientemente de la forma como se estudie esta relación, se considera que entre ambos organismos se lleva a cabo un proceso de resistencia que puede ser

natural, inherente al hospedero o inducida por el parásito en el hospedero, o bien, la falta de ella (Taylor et al. 2016).

Dependencia metabólica

Un parásito se considera un organismo que no solamente está en asociación continua e íntima con su hospedero, sino que también es metabólicamente dependiente directa o indirectamente de él hasta cierto grado (Taylor et al. 2016). La dependencia metabólica puede llegar a ser del 100%, es decir, un parasitismo total. En cambio, en los organismos denominados de vida libre, esta dependencia es del 0%. Entre estos dos extremos se encuentra un amplio rango de organismos que satisfacen sus requerimientos metabólicos a expensas de su hospedero. Existen parásitos que dependen de sus hospederos para alguno o más de los siguientes procesos (Foreyt, 2013):

- (i) Estímulos de desarrollo
- (ii) Material nutricional
- (iii) Enzimas digestivas
- (iv) Control de maduración (Foreyt, 2013)

Estímulos de desarrollo

Estos estímulos se definen como aquéllos que impulsan a que el parásito entre a su siguiente fase de desarrollo. Por consiguiente, los parásitos han producido adaptaciones evolutivas que pueden “reconocer” que están en un ambiente particular del hospedero que es apto para el establecimiento y desarrollo subsiguiente (Bowman, 2013). Existen una serie de factores que pueden ser

utilizados por los parásitos para continuar con su desarrollo. Sin embargo, éste únicamente puede ocurrir en un determinado sitio. Por ejemplo, existe muchos parásitos que se encuentran en una fase de enquistamiento, como los ooquistes de las coccidias, o bien, en un estado de hipobiosis, como las larvas infectantes de muchos nematodos (Rose et al. 2016). Estas fases utilizan básicamente la alta presión de CO₂ del intestino como la “señal” para el desenquistamiento o la muda al siguiente estadio evolutivo. Adicionalmente, este proceso se ve favorecido por otros factores, tales como la presencia de bilis (Bowman, 2013).

Dependencia nutricional

Los parásitos pueden utilizar las fuentes nutricionales en:

- (a) Alimento del hospedero, antes o después de ser digerido
- (b) Tejidos del hospedero
- (c) Secreciones del hospedero (Bowman, 2013):

Enzimas digestivas

La dependencia de un parásito en su hospedero para obtener alimento sería de nulo valor si no pudiera utilizarse el alimento obtenido. Existe evidencia que indica que la mayoría de los trematodos y nematodos poseen las enzimas digestivas necesarias para hidrolizar moléculas complejas, tales como sangre y tejidos. Por otro lado, existen cestodos adultos que probablemente utilizan únicamente moléculas lo suficientemente pequeñas para ser incorporadas a su tegumento y por consiguiente depende de la habilidad del hospedero para desdoblar cadenas

de carbohidratos, lípidos y proteínas enzimáticamente. Existen también metacestodos de tenias que pueden tomar moléculas grandes por pinocitosis. Hay parásitos que han perdido la capacidad de sintetizar lípidos *de novo*, como los cestodos y por ello se han hecho completamente dependientes del hospedero para el suministro de estas moléculas (Helmy, 2017).

Control de maduración

Este tipo de dependencia representa un estadio importante en la evolución del parasitismo, en la que un sistema endocrino desarrollado para estimular procesos metabólicos en un animal es utilizado por otro de una especie diferente. Esto resulta en la sincronización de las fases reproductivas del parásito y el hospedero, un efecto que tiene un valor considerable en la supervivencia del parásito (Chapman, 2014).

Los parásitos, como todos los organismos, están adaptados a todos los estadios de sus ciclos de vida. La selección natural actúa en todos los estados de vida, de modo que el parásito debe co-desarrollarse con varios hospederos. Cada estadio de vida requiere un conjunto específico de genes que deben ser activados, aunque es altamente probable que existan algunos genes básicos cuya actividad es común en todos los estadios. Por ejemplo, existe evidencia que demuestra que las vías respiratorias en la mitocondria de los parásitos, así como las cadenas de transporte de electrones aeróbicas y anaeróbicas se activan e inactivan de acuerdo con el estadio de desarrollo y las exigencias del ambiente en el que se encuentra el parásito (Lloyd, 2014). Otra manera de asegurar la transmisión de un

parásito consiste en afectar un hospedero de tal manera que aumente su posibilidad de encontrarse con el siguiente. Por ejemplo, si un parásito afecta el sistema nervioso de un animal, éste puede exponerse a un potencial depredador y de ese modo completar la transmisión. Sin embargo, hay modos más sutiles de lograr el resultado, como el hecho de inducir una respuesta patológica en el hospedero. Se puede concluir que la dependencia fisiológica o metabólica de un parásito en su hospedero es muy compleja e involucra mucho más que solamente aspectos nutricionales, por lo que cada sistema hospedero-parásito debe ser analizado individualmente antes de evaluar sus aspectos de dependencia (Robinson et al. 2011).

Tipos de parásitos

Los parásitos pueden clasificarse de acuerdo con sus ciclos de vida, posición en o sobre el hospedero, u otras características. En la práctica, es común hablar de *ectoparásitos* y *endoparásitos*. Los ectoparásitos son organismos que viven sobre o afuera de sus hospederos y generalmente se encuentran adheridos a las plumas, pelo, piel, agallas, entre otros. Los endoparásitos son aquellos que viven dentro de su hospedero. Existen también los parásitos *facultativos*, los cuales pueden vivir una existencia parasítica o no parasítica, y también están los parásitos *obligados*, los cuales deben vivir una existencia parasítica y son incapaces de sobrevivir fuera del ambiente del hospedero. El hecho de invadir el cuerpo de otra especie de animal y de vivir y multiplicarse en o sobre él no habría

sido posible sin las adaptaciones morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e inmunológicas desarrolladas por el parásito (Bowman, 2013).

A continuación se ejemplifican los principales parásitos de aves silvestres y domésticas a través de una tabla, de acuerdo al sistema o aparato que afectan en el hospedero.

En el caso de aves domésticas, se consideró el nombre del parásito, localización, diagnóstico y la importancia económica y/o en la salud del hospedero. (Cuadro 1 al 6).

Para aves silvestres se dividen por especies de parásitos iniciando con el nombre del parásito, hospedero y su localización en el hospedero. (Cuadro 7 al 13).

Listado principales parásitos de aves domésticas (Alcalá-Canto, 2010; Prakashbabu et al., 2017; Bowman, 2013).

Cuadro 1. *Principales parásitos de piel y plumas en las aves domésticas*

Parásito	Localización	Diagnóstico	Importancia clínica y económica
<i>Menacanthus stramineus</i>	Piel y plumas	Examen físico general Evaluación de la piel y plumas, búsqueda del ácaro (Adultos, ninfas y huevos)	Prurito Debilidad en parvadas
<i>Menopon gallinae</i>	Piel y plumas	Examen físico general Evaluación de la piel y plumas,	Prurito Debilidad en parvadas

		búsqueda del ácaro (Adultos, ninfas y huevos)	
<i>Goniocotes gallinae</i>	Piel y plumas	Examen físico general Evaluación de la piel y plumas, búsqueda del ácaro (Adultos, ninfas y huevos)	Prurito Debilidad en parvadas
<i>Dermanyssus gallinae</i>	Piel y plumas Región de la cloaca	Evaluación de la piel y plumas Observación del ácaro (Adultos, ninfas, larvas, huevos) en plumas Signología	Prurito Baja en la producción Debilidad en parvadas
<i>Ornithonyssus sylviarum</i>	Piel y plumas	Evaluación de la piel y plumas Observación del ácaro (Adultos, ninfas, larvas, huevos) en plumas	Decaimiento Baja en la producción
<i>Argas persicus</i>	Piel	Evaluación de la piel	Anemia Baja en la producción

Cuadro 2. Principales parásitos en aparato digestivo en aves domésticas (Taylor, 2012)

Parásito	Localización	Diagnóstico	Importancia clínica y económica
<i>Davainea proglottina</i>	Duodeno	Visualización del cestodo en	Alta mortalidad Baja ganancia de

		microscopio de la mucosa duodenal Identificación de proglotidos sobre las vellosidades Tamizado Necropsia	peso Alta sensibilidad en animales jóvenes
<i>Raillietina</i> spp.	Intestino delgado	Lesiones a la Necropsia Flotación (Huevos) Tamizado	Caquexia Anorexia Plumas erizadas Letargia Parálisis Muerte (4 semanas de edad)
<i>Cryptosporidium</i> spp.	TGI Ciego Colon posterior Bursa	Ooquistes en heces Examen histológico Necropsia	Animales sanos con baja ganancia de peso
<i>Ascaridia</i> spp.	Intestino delgado	Flotación (Huevos) Necropsia (Adultos)	Reduce: Producción de huevo Ganancia de peso Diarrea Anemia en infección aguda Erizamiento de plumas
<i>Eimeria</i> spp.	Dependerá de la especie TGI	Signos Flotación (ooquistes)	Dependerá de la especie Pérdida de peso Baja ganancia de peso
<i>Capillaria contorta</i>	Esófago e ingluvis (buche)	Examen coprológico Necropsia (Adultos)	Emaciación Diarrea Enteritis hemorrágica

			Muerte
<i>Trichomonas gallinae</i>	Tracto digestivo superior	Organismos flagelados en frotis húmedos de boca y/o buche Lesiones fibronecróticas en tracto digestivo alto	Baja de peso Disfagia Anorexia Lesiones en mucosa entérica y oral Transmisión: Leche de buche
<i>Heterakis gallinarum</i>	Ciego	Flotación (Huevos) Necropsia (Adultos)	Transmite: <i>Histomona meleagridis</i> *Enfermedad de cabeza negra en pavos Diarrea color verdusco Baja de peso Decaimiento Muerte
<i>Histomonas meleagridis</i>	Ciego e hígado	Necropsia Lesiones en hígado (Lesión patognomónica)	Pavos Pollos (12 semanas de edad) Mortalidad: baja en pollos Morbilidad: Alta en animales jóvenes

Cuadro 3. Coccidiosis (Taylor, 2012)

La coccidiosis en aves es, después de las enfermedades bacterianas, el segundo mayor problema en el mundo en los lugares donde se crían pollos en condiciones de producción intensiva (Bowman, 2013). Las coccidias presentan las siguientes características, las cuales son responsables por su alta importancia sanitaria y económica:

- (i) Ciclo de vida corto (5 a 7 días)
- (ii) No se requiere de hospedero intermediario
- (iii) Alta capacidad reproductiva (Bowman, 2013):

Parásito	Localización	Diagnóstico	Importancia clínica y económica
<i>Eimeria tenella</i>	Ciegos	Flotación Mc Master Necropsia	Muy alta virulencia Coccidiosis hemorrágica cecal Muerte
<i>E. necatrix</i>	Intestino delgado medio o completo	Flotación Mc Master Necropsia	Alta virulencia Muy alta mortalidad Coccidiosis hemorrágica intestinal Muerte
<i>E. maxima</i>	Intestino delgado medio y bajo	Flotación Mc Master Necropsia	Muy alta morbilidad Alta mortalidad Coccidiosis

			subclínica asociada con pérdida de peso marcada
<i>E. acervulina</i>	Intestino delgado alto	Flotación Mc Master Necropsia	Reduce ganancia de peso Baja conversión alimenticia Mala absorción de nutrientes y pigmentos
<i>E. mitis</i>	Intestino delgado medio y bajo	Flotación Mc Master Necropsia	Difícil de diagnosticar Mismos signos de <i>E. acervulina</i> en infecciones masivas
<i>E. brunetti</i>	Intestino delgado bajo y recto	Flotación Mc Master Necropsia	Pérdida de peso Alta mortalidad Difícil de diagnosticar, lesiones indistintas en el tracto intestinal bajo Necrosis en intestino delgado bajo e intestino grueso
<i>E. mivati</i>	Intestino delgado alto	Flotación Mc Master Necropsia	Pérdida de peso Mortalidad

<i>Isoospora gallinae</i>	Porción distal del intestino delgado (vellosidades epiteliales) Duodeno	Flotación Mc Master Necropsia	Pérdida de peso Decaimiento Diarrea Baja en la producción
---------------------------	--	-------------------------------------	--

Cuadro 4. Principales Hemoprotozoarios en aves domésticas (Taylor, 2012)

Parásito	Localización	Diagnóstico	Importancia clínica y económica
<i>Leucocytozoon</i> spp.	Torrente sanguíneo Enterocitos Leucocitos	Frotis sanguíneo Giemsa Azul brillante de cresil Ezquisontes en tejidos	Disminución en la producción Letargia Muerte en pichones Pérdidas considerables en parvadas infectadas
<i>Haemoproteus</i> spp. *Palomas	Células del endotelio vascular del pulmón Bazo Hígado	Frotis sanguíneo Cortes histológicos	Transmitida por vectores: <i>Microlynychia pusilla</i> <i>Pseudolynychia brunnea</i> <i>Pesudolynychia cannariensis</i> Pérdida de peso Debilidad Anemia

Cuadro 5. Principales parásitos de aparato respiratorio en aves domésticas (Alcalá-Canto, 2010)

Parásito	Localización	Diagnóstico	Importancia clínica y económica
<i>Syngamus trachea</i>	Tráquea y pulmones	Raspado de lesiones traqueales Flotación (Huevos) Necropsia (Adultos en tráquea)	Disnea → Boqueo Cuello retraído sobre el cuerpo Anorexia Sofocación Muerte Aves criadas en sistemas extensivos: Pollos jóvenes

Cuadro 6. Principales parásitos en extremidades en aves domésticas (Alcalá-Canto, 2010)

Parásito	Localización	Diagnóstico	Importancia clínica y económica
<i>Knemidocoptes mutans</i>	Miembro pélvico	Raspado de áreas afectadas (Adultos, ninfas y huevos)	Lesiones proliferativas (cara, espalda, cloaca y miembros pélvicos) Pollos viejos Engrosamiento, endurecimiento y deformación de los miembros pélvicos

Principales parásitos en aves silvestres (Padilla, 2015; Estébanes, 1997; Ledesma et al., 2018; García et al., 2014; Orozco, 2000).

Cuadro 7. Principales nematodos en aves silvestres

Parásito	Hospedero	Localización
<i>Amidostomum sp.</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas americana</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas discors</i>	Molleja

	<i>Anas clypeata</i> <i>Oxyura jamaicensis</i>	
<i>Anisakidae sp.</i>	<i>Egretta rufescens</i>	Intestino
<i>Ascaridia dissimilis</i>	<i>Meleagris gallopavo intermedia</i>	Intestino
<i>Capillaria spp.</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i> <i>Bubo virginianus</i> <i>Anas americana</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas cyanoptera</i> <i>Anas diazi</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas platyrhynchos</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Plegadis chihi</i> <i>Buteo swainsoni</i>	Intestino delgado
<i>Contraecaecum spp.</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i> <i>Cochlearius cochlearius</i> <i>Pelecanus occidentalis</i>	Proventrículo
<i>Echinuria spp.</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas americana</i> <i>Anas discors</i>	Proventriculo
<i>Epomidiostomum crami</i>	<i>Anas platyrhynchos</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas acuta</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i>	Molleja
<i>Fillicolis sp.</i>	<i>Anas crecca</i>	Intestino delgado
<i>Heterakis sp.</i>	<i>Meleagris gallopavo mexicana</i> <i>Meleagris gallopavo mexicana</i>	Ciego
<i>Hystrichis sp.</i>	<i>Anas discors</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas platyrhynchos</i>	Proventrículo
<i>Levinseniella yucatanensis</i>	<i>Anas discors</i>	Intestino
<i>Mehrastomum minutum</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino
<i>Metroliaesthes lucida</i>	<i>Meleagris gallopavo mexicana</i>	Intestino
<i>Microfilaria spp.</i>	Todas las aves	Microfilarias: plasma

		sanguíneo Adulto: Piel
<i>Odhneria raminellae</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino
<i>Oxyspirura spp.</i>	<i>Strix fulvescens</i>	Membrana nictitante
<i>Paradilepsis caballeroi</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino
<i>Procyrnea</i> sp. (SPIRUROIDEA: HABRONEMATIDAE)	<i>Rupornis magnirostris</i>	Proventrículo
<i>Rusguniella arcaica</i>	<i>Anas diazi</i>	Proventrículo
<i>Streptocara sp.</i>	<i>Anas crecca</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas clypeata</i>	Intestino delgado
<i>Syngamus trachea</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Tráquea
<i>Tetrameres sp.</i>	<i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas acuta</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Trichobilharzia physellae</i>	<i>Anas discors</i>	Intestino

Cuadro 8. Principales protozoarios en aves silvestres

Parásito	Hospedero	Localización
<i>Echinuria unicata</i>	<i>Anas americana</i>	Esófago
<i>Eimeria spp.</i>	<i>Meleagris gallopavo mexicana</i> <i>Buteo jamaicensis</i> <i>Buteo swainsoni</i> <i>Parabuteo unicinctus</i> <i>Bubo virginianus</i>	*Depende de la especie de <i>Eimeria</i> spp. Consultar tabla de parásitos en aves de traspatio
<i>Haemoproteus spp.</i>	<i>Buteo jamaicensis</i> <i>Falco sparverius</i>	Sangre Pulmón (Esquizonte)
<i>Leucocytozoon spp.</i>	<i>Buteo jamaicensis</i>	Torrente

		sanguíneo Enterocitos Leucocitos Hígado Bazo Ganglios linfáticos
<i>Plasmodium spp.</i>	<i>Aves en general</i>	Eritrocito Bazo Pulmón Cerebro
<i>Sarcocystis spp.</i>	<i>Quiscalus mexicanus</i> <i>Molothrus aeneus</i> <i>Aimophila ruficauda</i>	Múculo esquelético
<i>Trichomonas</i>	<i>Buteo jamaicensis</i>	Esófago Buche Proventrículo
<i>Trypanosoma spp.</i>	<i>Aves silvestres</i>	Intestino
<i>Caryospora spp.</i>	<i>Polyborus plancus</i> <i>Caracara cheriwey</i> <i>Ciccaba virgata</i> <i>Bubo virginianus</i>	Intestino
<i>Isospora spp.</i>	<i>Polyborus plancus</i> <i>Caracara cheriwey</i> <i>Ciccaba virgata</i> <i>Bubo virginianus</i>	Intestino
<i>Frankelia spp.</i>	<i>Polyborus plancus</i> <i>Caracara cheriwey</i> <i>Ciccaba virgata</i> <i>Bubo virginianus</i>	Intestino

Cuadro 9. Principales artrópodos en aves silvestres

Parásito	Hospedero	Localización
<i>Androlaelaps fahrenheitzi</i>	<i>Passer domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Bdella muscorum</i>	<i>Campylorhynchus gularis</i>	Piel y plumas
<i>Bryobia praetiosa</i>	<i>Leptotila verreauxi</i>	Piel y plumas
<i>Cheyletus sp.</i>	<i>Hirundo rustica</i> <i>Passer domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Demanyssidae</i>	<i>Hirundo rustica</i>	Piel y plumas

<i>Dermatophagoides pteronyssinus</i>	<i>Passer domesticus</i> <i>Hirundo rustica</i> <i>Passer domesticus</i> <i>Campylorhynchus rufinucha</i> <i>Hirundo rustica</i>	Piel y plumas
<i>Echinolaelaps sp.</i>	<i>Junco phaeonotus</i>	Piel y plumas
<i>Ereynetes sp.</i>	<i>Pipilo fuscus</i> <i>Catharus aurentiiostris</i> <i>Anas discors</i>	Piel y plumas
<i>Glycyphagus ornatus</i>	<i>Hirundo rustica</i> <i>Passer domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Hemicheyletia bakeri</i>	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Piel y plumas
<i>Lasioseius sp.</i>	<i>Catharus aurentiiostris</i> <i>Pipilo fuscus</i> <i>Pipilo erythrophthalmus</i> <i>Catharus aurentiiostris</i> <i>Atlapetes pileatus</i> <i>Junco onaeonotus</i> <i>Catharus aurentiiostris</i>	Piel y plumas
<i>Ornithonyssus sylviarum</i>	<i>Hirundo rustica</i> <i>Phencticus melanocephalus</i> <i>Catharus occidentalis</i>	Piel y plumas
<i>Ornithonyssus sylviarum utrechtensis</i>	<i>Turdus migratorius</i>	Piel y plumas
<i>Pellonyssus nidicolus</i>	<i>Columbina passerina</i> <i>Passer domesticus</i> <i>Leptotila verreauxi</i> <i>Columbina inca</i> <i>Hirundo rustica</i> <i>Campylorhynchus gularis</i> <i>Catharus occidentalis</i> <i>Turdus migratorius</i> <i>Columbina inca</i> <i>C. parenina</i>	Nidos
<i>Pellonyssus passeri</i> (sinónimo)	<i>Catharus occidentalis</i> <i>Turdus migratorius</i> <i>Cassidix mexicanus</i> <i>Columbina inca</i> <i>C. parenina</i>	Piel y plumas
<i>Penthaleus sp.</i>	<i>Pipilo erythrophthalmus</i> <i>Catharus occidentalis</i>	Piel y plumas
<i>Raphignatus sp.</i>	<i>Campylorhynchus gularis</i> <i>Pipilo fuscus</i>	Piel y plumas

<i>Riberoia ondatrae</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Piel y plumas
<i>Tarsonemus sp.</i>	<i>Turdus migratorius</i>	Piel y plumas
<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Hirundo rustica</i>	Piel y plumas
<i>Tracheophilus sisowi</i>	<i>Anas boschas</i> <i>Anas discors</i>	Piel y plumas
<i>Trichouropoda spp.</i>	<i>Catharus guttatus</i>	Piel y plumas
Larvas de trombicúlidos	<i>Turdus grayi</i> <i>Troglodytes aedon</i> <i>Basileuterus rufifrons</i> <i>Catharus ustulatus</i> <i>Wilsonia pusilla</i>	Piel y plumas
<i>Tur lativentralis</i>	<i>Junco onaeonotus</i>	Piel y plumas
<i>Tydeus sp.</i>	<i>Catharus occidentalis</i>	Piel y plumas
<i>Tyrophagus neiswanderi</i>	<i>Psaltiriparus minimus</i> <i>Pipilo fuscus</i> <i>Catharus aurentiirrostris</i>	Piel y plumas
<i>Menopon gallinae</i>	<i>Meleagris gallopavo</i> , <i>Gallus gallus domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Menacanthus stramineus</i>	<i>Meleagris gallopavo</i> , <i>Gallus gallus domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Chelopistes meleagridis</i>	<i>Meleagris gallopavo</i> , <i>Gallus gallus domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Lipeurus caponis</i>	<i>Meleagris gallopavo</i> , <i>Gallus gallus domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	<i>Meleagris gallopavo</i> , <i>Gallus gallus domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Ctenocephalides felis</i>	<i>Meleagris gallopavo</i> , <i>Gallus gallus domesticus</i>	Piel y plumas
<i>Ctenocephalides canis</i>	<i>Meleagris gallopavo</i> , <i>Gallus gallus domesticus</i>	Piel y plumas

Cuadro 10. Principales cestodos en aves silvestres

Parásito	Hospedero	Localización
<i>Aploparaksis furcigera</i>	<i>Anas americana</i>	Intestino delgado
<i>Aploparaksis sp.</i>	<i>Anas crecca</i>	Intestino delgado
<i>Centrocestus formosanus</i>	<i>Anas sp.</i>	Intestino delgado

<i>Cestoda</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino delgado
<i>Cloacotaenia megalops</i>	<i>Anas acuta</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas strepera</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Querquedula cyanoptera</i> <i>Querquedula discors</i> <i>Anas crecca carolinensis</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas cyanoptera cyanoptera</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas crecca carolinensis</i>	Intestino delgado
<i>Cyclusteria ralli</i>	<i>Plegadis chihi</i>	Intestino delgado
<i>Davainea proglottina</i>	<i>Meleagris gallopavo mexicana</i>	Intestino delgado
<i>Dicranotaenia coronula</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Diorchis americana</i>	<i>Anas acuta</i> <i>Anas clypeata</i>	Intestino delgado
<i>Diorchis bulbodes</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Diorchis sp.</i>	<i>Anas clypeata</i> <i>Fulica americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Diploposthe leavis</i>	<i>Anas sp.</i>	Intestino delgado
<i>Drepanidotaenia lanceolata</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Echinocotyle rosseteri</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Fimbriara fasciolaris</i>	<i>Anas crecca</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas acuta</i>	Intestino delgado

<i>Fimbriarioides sp.</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Gastrotaenia cygni</i>	<i>Anas discors</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i>	Intestino delgado
<i>Hymenolepis spp.</i>	<i>Anas acuta</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Microsomacanthus spp.</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas diazi</i> <i>Oxyura jamaicensis</i>	Intestino delgado
<i>Platyscolex ciliata</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Polymorphus minutus</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Molleja
<i>Polymorphus obtusus</i>	<i>Aythya affinis</i>	Intestino delgado
<i>Polymorphus sp.</i>	<i>Bucephala albeola</i>	Intestino delgado
<i>Railletina tetragona</i>	<i>Meleagris gallopavo mexicana</i>	Intestino delgado
<i>Sobolevicanthus gracilis</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Sobolevicanthus krabbeella</i>	<i>Anas acuta</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas acuta</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas diazi</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas cyanoptera</i>	Intestino delgado

Cuadro 12. Principales acantocéfalos en aves silvestres

Parásito	Hospedero	Localización
<i>Southwellina hispida</i>	<i>Egretta rufescens</i> <i>Platalea ajaja</i> <i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino delgado
<i>Plagiorhynchus schmidtii</i>	<i>Larus sp.</i>	Intestino delgado

<i>Corynosoma spp.</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino delgado
<i>Pseudocorynosoma constrictum, spp.</i>	<i>Anas clypeata</i> <i>Anas acuta</i> <i>Anas discors</i> <i>Aythya americana</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas cyanoptera</i> <i>Aythya affinis</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Fulica americana</i> <i>Bucephala albeola</i>	Intestino delgado
<i>Polymorphus spp</i>	<i>Bucephala albeola</i>	Molleja

Cuadro 13. Principales trematodos en aves silvestres

Parásito	Hospedero	Localización
<i>Maritrema corai</i>	<i>Eudocimus albus</i>	Intestino
<i>Apharyngostrigea cornu</i>	<i>Ardea alba</i> <i>Ardea cinerea</i>	Intestino
<i>Ascocotyle sp.</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i> <i>Cochlearius cochlearius</i> <i>Egretta rufescens</i> <i>Egretta caerulea</i> <i>Egretta tricolor</i>	Intestino
<i>Australapatemon burti</i>	<i>Anas cyanoptera</i> <i>Anas diazi</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i>	Intestino
<i>Australapatemon minor</i>	<i>Anas diazi</i> <i>Anas discors</i>	Intestino delgado
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino
<i>Cardiocephaloides medioconiger</i>	<i>Larus occidentalis</i> <i>Larus sp.</i>	Intestino
<i>Clinostomum complanatum</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Granulocitos eosinófilos en piel *PECES
<i>Cotylotretus grandis</i>	<i>Platalea ajaja</i>	Intestino delgado

<i>Cotylurus brevis</i>	<i>Anas acuta</i> <i>Anas cyanoptera</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas crecca</i>	Intestino delgado
<i>Cotylurus cornutus</i>	<i>Anas cyanoptera</i> <i>Anas clypeata</i>	Intestino delgado
<i>Cotylurus gallinulae</i>	<i>Aythya affinis</i>	Intestino delgado
<i>Cotylurus magniacetabulus</i>	<i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas acuta</i>	Intestino delgado
<i>Cotylurus sp.</i>	<i>Larus occidentalis</i>	Intestino delgado
<i>Cyclocoelum mutabile</i>	<i>Anas crecca carolinensis</i>	Ciego
<i>Diplostomum (Austrodiplostomum) compactum</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Músculo *PECES
<i>Drepanocephalus olivaceus</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino
<i>Echinochasmus leopoldinae</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Intestino
<i>Echinochasmus macrocaudatus</i>	<i>Anas platyrhynchos</i>	Intestino delgado
<i>Echinoparyphium aconiatum</i>	<i>Anas discors</i>	Intestino delgado
<i>Echinoparyphium recurvatum</i>	<i>Anas diazi</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i> <i>Anas cyanoptera</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas acuta</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas crecca</i>	Intestino delgado Ciego
<i>Echinostoma revolutum</i>	<i>Anas discors</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas americana</i> <i>Anas crecca carolinensis</i> <i>Anser anser</i> <i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Ciego Intestino
<i>Echinostoma trivolvis</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Intestino
<i>Euhaplorchis californiensis</i>	<i>Egretta rufescens</i> <i>Egretta caerulea</i> <i>Phalacrocorax brasilianus</i>	
<i>Hypoderaeum</i>	<i>Querquedula discors</i>	Intestino

<i>conoideum</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	delgado
<i>Leucochloridium insigne</i>	<i>Querquedula discors</i>	Intestino
<i>Notocotylus attenuatus</i>	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Ciego
<i>Notocotylus ephemera</i>	<i>Anas crecca carolinensis</i>	Ciego
<i>Notocotylus linearis</i>	<i>Anas cyanoptera cyanoptera</i>	Ciego
<i>Notocotylus pacifer</i>	<i>Anas americana</i>	Ciego
<i>Notocotylus seineti</i>	<i>Anas clypeata</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas americana</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas cyanoptera</i> <i>Anas crecca carolinensis</i>	Ciego
<i>Notocotylus sp.</i>	<i>Fulica americana</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Anas cyanoptera</i>	Ciego
<i>Notocotylus triserialis</i>	<i>Anas acuta</i> <i>Anas crecca</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas clypeata</i> <i>Oxyura jamaicensis</i> <i>Anas acuta</i>	Ciego
<i>Paramonostomum obtortum</i>	<i>Querquedula discors</i>	Intestino y recto
<i>Parastrigea cincta</i>	<i>Anas crecca</i>	Intestino
<i>Prosthodiplostomum minimum</i>	<i>Anas cyanoptera</i>	Cloaca
<i>Typhlocoelum cucumerinum</i>	<i>Anas discors</i>	Tráquea
<i>Trichobilharzia physellae</i>	<i>Anas discors</i>	Vena mesentérica
<i>Tracheophilus sisow</i>	<i>Anas bochas</i> <i>Anas discors</i>	Laringe Tráquea
<i>Zygocotyle lunata</i>	<i>Anas diazi</i> <i>Anas discors</i> <i>Anas americana</i> <i>Anas clypeata</i>	Ciego

Situación actual de la avicultura nacional

México se encuentra en el quinto lugar como productor de pollo y huevo a nivel internacional. La producción de carne de pollo es de dos millones 294 mil 916 toneladas con un consumo per cápita de 28.5 kilos, el huevo para plato con dos millones un mil 159 toneladas con un consumo per cápita de 22.1 kilogramos. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA 2016)

México tiene a Jalisco (12.3%), Veracruz (10.4%) y Querétaro (9.3%) como principales productores que en total suman 930 mil toneladas en 2015. Los principales estados para producción de carne de ave son Aguascalientes con 300 mil 981 toneladas; Durango 289 mil 472; Guanajuato 175 mil 81; Puebla, 167 mil 120; Chiapas, 159 mil 858; Sinaloa, 126 mil 167; Yucatán, 123 mil 264, y el resto, 690 mil 243 toneladas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA 2016).

La producción de huevo tiene un total de dos millones 653 mil toneladas, registrando a Jalisco en primer lugar con un valor productivo de 50.7%, en segundo lugar a Puebla con un 18.4% y finalmente a Sonora con el 5.3% restante (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA 2016).

Los estados con mayor producción a nivel nacional de huevo para plato son Jalisco, con un millón 414 mil 161 toneladas; Puebla, 495 mil; Sonora, 131 mil 189;

Guanajuato, 93 mil 930; Nuevo León, 81 mil 449; Yucatán, 80 mil 122; Durango, 74 mil; Coahuila, 67 mil 219; Sinaloa, 63 mil 286; Baja California, 24 mil 395, y el resto, 127 mil 728, toneladas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA 2016).

Georreferenciación en epidemiología

La diversidad de especies de aves residentes y migratorias, forman parte de un componente vital en los ecosistemas. Por lo anterior, la necesidad de conocer las poblaciones de los distintos grupos de aves, se requiere información que permita la conservación de las múltiples áreas como hábitat, enfatizando las funciones que desempeñan en los ciclos hidrológicos y químicos, que sustentan cadenas tróficas complejas e involucran una rica diversidad biológica de su especie (Pearman et al., 2008).

Una base de datos georreferenciada es una herramienta tecnológica que aumentará el entendimiento de la ecología ambiental y climática de las infecciones parasitarias, lo que permitirá conocer la tolerancia térmica de las especies y el impacto que tienen los factores ambientales en la transmisión, desarrollo y supervivencia del patógeno (Estrada-Peña et al., 2006).

Asimismo, las investigaciones sobre el uso de sistemas de información geográfica en parasitología ha sido impulsado como una herramienta para programar medidas preventivas (Musella et al. 2011; Malone et al. 2004). El desarrollo y aplicación de modelos de predicción han permitido aumentar el entendimiento de

la ecología ambiental y climática de las infecciones parasitarias, incrementando el conocimiento de la tolerancia térmica de las especies y el impacto que tienen los factores ambientales en la transmisión, desarrollo y supervivencia del parásito (Mateos-Gonzalez et al. 2015).

WorldClim- Global Climate Data

Los modelos de distribución que utilizan variables bioclimáticas se han usado para evaluar el potencial del establecimiento y dispersión de especies parásitas y vectores de enfermedades (Brasil et al. 2015; Foley et al. 2009a; Foley et al. 2010; Foley et al. 2009b), a fin de estimar las respuestas de estos organismos al cambio climático (Polley y Thompson, 2015).

WorldClim es una base de datos que contiene las variables climáticas para el uso en distintos escenarios de georreferencia. Las variables climáticas fueron designadas por medio de los valores mensuales de temperatura y precipitación para obtener variables significativas a nivel biológico. Estas variables son de acceso gratuito por medio de la página de WorldClim-Global Climate Data. Consultar Figura 1 del Anexo (WorldClim-Global Climate Data 2018).

Modelo de predicción: Maxent

Uno de los modelos de predicción más utilizados es Maxent, el cual combina los registros de ocurrencia de especies presentes con datos ambientales para crear un modelo que predice áreas de idoneidad de hábitat para una especie determinada para generar modelos de predicción de nichos de parásitos en

correspondencia con publicaciones recientes (Acheson et al. 2015; Khatchikian et al. 2011). Maxent utiliza una base de datos que consiste de pseudo ausencias (una muestra aleatoria de pseudo-ocurrencias) en lugar de ausencias reales registradas. El resultado estima la idoneidad de hábitat y no directamente la probabilidad de ocurrencia, en vista de que las áreas en donde no fueron registradas las especies se consideran menos idóneas con relación a donde sí se registraron. Los modelos de nicho Maxent han sido construidos con gran exactitud para vectores artrópodos como mosquitos, garrapatas, moscas tsetsé y flebotómidos. Maxent es uno de los métodos más utilizados para modelar la distribución de las especies aun cuando se cuenta con un número pequeño de observaciones (Acheson et al. 2015)

Parasitismo en aves

Las aves son consideradas como el conjunto de vertebrados con mayor riqueza de helmintofauna y otros patógenos. Una de las razones, son sus hábitos alimenticios. Consumen diversos hospederos intermedios, lo que favorece que en ellas se completen ciclos vitales parasitarios a través de sus hábitos migratorios, la fragmentación y pérdida de hábitat que facilita el contacto entre fauna silvestre y doméstica. Como consecuencia promueven la dispersión de patógenos (parásitos, bacterias y virus) tanto a aves domésticas como a silvestres e incluso peces de importancia económica. El impacto es reflejado en daños graves: transmisión de enfermedades, tasas de mortalidad, severas epidemias e

incluso al ser consumidas por el hombre generan zoonosis (Lafferty, 1997; Orozco-Flores et al. 2000; Poulin, 1995; Ramos, 1994; Soto-Méndez et al. 2006).

La mayoría de las aves silvestres y domésticas adquieren infecciones de una gran cantidad de parásitos que impactan negativamente su salud, consumo alimenticio, tasa de crecimiento, peso e incluso la fertilidad (Sreenivasa et al. 2016) El impacto de los parásitos en la productividad animal es conocido, pero la producción depende también de otros factores tales como el manejo y restricciones de movilización (Hill et al. 2009; Karagiannis-Voules et al. 2015). Por lo tanto, un desafío importante consiste en determinar la importancia de las infecciones parasitarias dentro de un marco regional-económico y priorizar los recursos disponibles para que las intervenciones sean más efectivas a nivel costo-beneficio y provoquen un incremento en la producción de las unidades de producción (Chengat Prakashbabu et al. 2017). Un factor crucial en el logro de este reto será el uso de herramientas que permitan detectar la presencia de infecciones, diagnosticarlas acertadamente y de ese modo proponer estrategias de control basadas en datos epidemiológicos y ecológicos. Los datos obtenidos a partir del diagnóstico parasitológico han permitido documentar la presencia de géneros y especies de estos organismos en áreas tropicales de México, lo que permitirá entender el impacto de estos patógenos a nivel regional y nacional. Esto permitirá instrumentar medidas de control estratégicas y dirigidas a fin de que las ganancias a nivel de unidad de producción puedan contribuir al reto global de preservar la seguridad alimentaria. (Figura 1) (Prakashbabu et al. 2017).

El cambio climático y las aves

El cambio climático inducido por las poblaciones humanas está provocando una desviación en la distribución de especies, sus tasas reproductivas y patrones migratorios; así como un decremento en el tamaño de varias poblaciones de especies (Rubel et al. 2016) y su viabilidad (Pickles et al. 2013). Ha incrementado la evidencia que sugiere que en las áreas en las que el calentamiento climático está ocurriendo con mayor rapidez existe un desequilibrio entre las interacciones ecológicas (Saino et al. 2011).

El cambio climático está influyendo directamente en la emergencia, distribución y frecuencia de los brotes de enfermedades infecciosas (Brooks y Hoberg, 2007; Mateos-Gonzalez et al. 2015). Una de las principales preocupaciones derivadas del calentamiento climático es el impacto sobre la dinámica de la relación hospedero-parásito, lo cual podría dirigirse hacia un aumento en las enfermedades provocadas por estos organismos, afectando los ecosistemas completos (Estrada-Peña, 1999). La evolución de la dinámica de las poblaciones hospedero-parásito es difícil de predecir aún bajo condiciones relativamente estables, en vista de la complejidad de las interacciones. Las condiciones climáticas que cambian pueden añadir más niveles de incertidumbre, debido a que las interacciones hospedero-parásito son altamente sensibles a los cambios ambientales (Brooks y Hoberg, 2007; Wolinska y King, 2009).

Función de las aves en la conservación de la biodiversidad

La biodiversidad del planeta Tierra, está fragmentada y fuertemente impactada a causa del cambio climático (Feria Arroyo et al. 2013). La importancia para la conservación de la biodiversidad de las aves radica en los servicios ecosistémicos que proporciona. Además funcionan como un auténtico sistema de vigilancia y alarma biológica, “centinelas” del ecosistema y el planeta. Sus parámetros fisiológicos y estado de salud, son su forma de dar aviso de las alteraciones y peligros que han amenazado la salud junto con el equilibrio ecológico a través del tiempo (Marzal, 2015). Pueden ser usadas en la evaluación de los efectos de la calidad de su hábitat debido a los cambios de patrones de temperatura y precipitación, pues permiten monitorear el efecto del Cambio Climático Global en ecosistemas naturales o con influencia humana (Bock y Zach, 2004).

Servicios Ecosistémicos de las Aves

Los servicios ecosistémicos son los procesos y condiciones de los cuales, los ecosistemas y la diversidad de especies que interactúan dentro de estos ecosistemas sostienen y satisfacen las necesidades humanas (Daily et al. 1997). Estos procesos permiten que la vida humana tenga beneficios. Algunos ejemplos son al proporcionar alimentos nutritivos y agua potable, regulación del clima y enfermedades, entre otros. Se estima que estos bienes tienen un valor aproximado de 125 billones de dólares, sin embargo no reciben la atención adecuada bajo las normativas políticas y/o económicas (FAO 2018).

Las aves brindan servicios ecosistémicos por medio de:

1. Polinización: Las aves polinizan 15% de las plantas en América (Buzato et al 2000).
2. Dispersión de semillas, con un 30% y 70% de las semillas de plantas leñosas, sobretodo en América y Australia (Wilson et al. 1989).
3. Construcción del ecosistema por la elaboración de nidos en lugares diversos que permiten la interacción de distintas especies (vertebrados e invertebrados) (Sekercioglu 2006).
4. Control de plagas a través de consumo de las poblaciones de invertebrados hasta reducir en 10% las plagas de cultivos (Sekercioglu 2006).
5. Inspiración y significancia cultural, por medio de la educación ambiental en avistamiento de aves al aire libre (CONABIO 2018).
6. Fuente de ingresos por medio de aviturismo, avistamiento de aves en áreas verdes, entre otros.
7. Especies indicadoras (Sekercioglu 2006).

El papel del diseño de atlas biogeográficos para describir los patrones espaciales de las infecciones para guiar la planeación del control parasitario se ha establecido y demostrado para varias enfermedades parasitarias, incluyendo malaria (Guerra et al. 2007; Lutz et al. 2015; Nath et al. 2013), esquistosomiasis (Walz et al. 2015), filariasis linfática (Slater y Michael, 2012) y garrapatas (Rubel et al. 2016).

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este proyecto generará información nueva sobre la distribución espacial de los parásitos que infectan aves silvestres en México, así como su capacidad para adaptarse al cambio climático. Asimismo, este proyecto proporcionará datos epidemiológicos que podrán ser utilizados para generar modelos de distribución de especies de parásitos, validar cambios temporales en la distribución de especies y fomentar la investigación en áreas en las que se haya documentado la transmisión de parásitos en aves silvestres a domésticas. Esta herramienta podrá ser utilizada por parasitólogos, médicos veterinarios, ecólogos, biólogos, académicos, personal de la industria farmacéutica, organismos gubernamentales y público en general a fin de que signifique un beneficio para la sociedad. Además permitirá conocer la biodiversidad y la distribución geográfica de los patógenos y su efecto como reguladores de poblaciones, además de evaluar el riesgo de epidemias en el ecosistema desde diferentes perspectivas, sean éstas en salud pública, producción de aves domésticas, actividades cinegéticas, así como en programas de manejo y conservación de estas especies (Soulsby, 1987; Dobson y McCallum, 1997).

Por lo anterior y en virtud de los valores que las instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) han promovido alrededor de las aves silvestres, y que han motivado la generación de información que hace necesario el desarrollo de sistemas de evaluación de su hábitat, poblaciones,

aspectos sanitarios y su distribución nacional y regional para por una parte contar con la información que permita satisfacer de manera sustentable la creciente demanda de aprovechamiento, y por otra, garantice la conservación del recurso natural y los hábitats que ocupan (CONABIO, 2014).

HIPÓTESIS

Los climas cálidos y templados, húmedos y subhúmedos, favorecen el establecimiento y desarrollo de los parásitos, por ello, se considera muy probable que los parásitos que afectan a las aves domésticas y silvestres podrían estar presentes en las regiones de México caracterizadas por esas condiciones climáticas.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una base de datos georreferenciada y un modelo de predicción para proyectar a futuro la distribución espacial de las ocurrencias y prevalencias de los parásitos de las aves silvestres y domésticas en las 32 entidades federativas del país.

OBJETIVO PARTICULAR

- 1) Desarrollar una base de datos accesible por internet que registre geoespacialmente los parásitos de las aves silvestres y domésticas en México.
- 2) Georreferenciar los datos espaciales de la distribución de los parásitos de las aves silvestres y domésticas en México.
- 3) Proyectar la distribución actual y al año 2050 de los parásitos de las aves silvestres y domésticas en México considerando el cambio climático.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Georreferenciación de la base de datos de parásitos de aves silvestres y domésticas en México

Para la elaboración de la base de datos georreferenciada se utilizaron los datos recopilados de las búsquedas de información y diagnóstico parasitológico y se ubicaron en un mapa del país de acuerdo con las 19 variables bioclimáticas (Cuadro 14 del Anexo) del país que se extrajeron del sitio web de acceso abierto WorldClim – Global Climate Data (www.worldclim.org). Asimismo, se utilizaron como base para el análisis de resultados, las regiones climáticas de México establecidas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Figura 2). Los datos que se incluyeron en la base de datos se obtuvieron de literatura especializada (libros, artículos arbitrados, memorias de congresos, otros eventos científicos, académicos y ganaderos, tesis, tesinas, reportes de servicio social, trabajos de campo como modalidad de titulación y revistas o folletos de divulgación, censos oficiales de aves silvestres y domésticas, colecciones biológicas) sobre la presencia de los parásitos en aves documentados en México. Es importante mencionar que dentro de las 196.4 millones de hectáreas de territorio nacional tienen 82 humedales que cubren alrededor de 5.92 millones de hectáreas en México y que incluyen tanto ecosistemas acuáticos costeros como continentales (marismas, playas, deltas, manglares, lagunas, presas, ríos, entre otros.). Asimismo, se consideran 28 áreas prioritarias al albergar estas el 84% de las aves silvestres en México (DUMAC, 2003).

La presencia de los parásitos se definió como los casos documentados o diagnosticados del espécimen desde el año 1990 a la fecha. Se excluyeron los estudios que integraban solamente cuestionarios, así como aquéllos que no referían la localidad geográfica en la que se encontró el parásito. Asimismo, se excluyeron parasitosis derivadas de infecciones experimentales.

Los registros fueron georreferenciados a través de la extracción de la información geográfica del hallazgo. Si no se proporcionaban las coordenadas geográficas, se utilizó la herramienta de internet “Geonames” (www.geonames.org). Geonames es una base de datos geográfica disponible para la descarga gratuita a través de Internet.

Los campos completos de datos fueron elaborados en Excel. Todos los campos de la base de datos fueron objeto de múltiples revisiones y depuraciones como se indica a continuación:

1. Se limpió, estandarizó y completó el nombre de los estados y municipios de México, usando como eje el catálogo de estados y municipios que se encuentra en los mapas de división municipal del INEGI.
2. La validación de las coordenadas geográficas se realizó con Geonames.
3. Las coordenadas de especímenes con datos de país, estado y municipio que coincidieron con los datos de los mapas, se marcaron como “válidos”.
4. Validación por tolerancia. Las coordenadas de especímenes con datos de país, estado y municipio que no coincidieron con los datos de los mapas, se revisaron con una tolerancia de 2 km o menos distancia con respecto al municipio que le corresponde; éstas se marcaron como “válidos por tolerancia”.

5. Validación por localidad de recolecta u observación. Para algunas coordenadas de especímenes, se revisó la descripción de la localidad y se ubicó en los mapas.

Una vez establecidas las coordenadas, se diseñó el mapa a fin de georreferenciar los registros, los especímenes se ilustraron en mapas con el software Diva Gis como herramienta adicional para el diseño de mapas a través de la base de datos y se identificaron los puntos localizados fuera de los polígonos.

2. Proyección futura de la distribución espacial en México de los parásitos de aves silvestres y domésticas.

El modelo de predicción utilizado fue Maxent. Su algoritmo construye modelos de nichos ecológicos al cuantificar la probabilidad desconocida de la distribución que define la ocurrencia de una especie a través de un área de estudio sin inferir información infundada sobre la distribución observada. El objetivo fue encontrar la probabilidad de la distribución de máxima entropía sujeta a restricciones impuestas por las distribuciones espaciales de las especies y condiciones ecológicas. Se instrumentaron los modelos Maxent utilizando la versión 3.3.3k (Phillips et al., 2009). En la configuración del programa Maxent se utilizaron los parámetros predeterminados de acuerdo con Phillips et al. (2006). Se llevaron a cabo 15 réplicas para cada modelo. La proyección se validó mediante el uso de 25% de los registros de los parásitos y el 70% restante fue utilizado para generar el modelo. En el caso de los parásitos con pocos registros, se utilizaron todos para realizar el modelo. Para ello se siguió el siguiente procedimiento:

a) Validación estadística de los puntos de recolección de datos para evitar el sobremuestreo.

- b) Evaluación de Modelos Generales de Circulación del “Coupled Model Intercomparison Project Phase” (IPCC5) para considerar escenarios de cambio con las Trayectorias Representativas de Concentraciones (RCP), por sus siglas en inglés), con valor de 2.6 para estimar emisiones conservadoras de gases de efecto invernadero.
- c) Selección de horizontes para un futuro cercano (2050).
- d) Obtención del modelo generado por Maxent para el que estadísticamente resulte ser el Modelo General de Circulación idóneo para el objetivo de este proyecto.
- e) Determinación de las variables bioclimáticas que influyen en la idoneidad del hábitat de los diferentes taxones de parásitos que infectan a las aves silvestres y domésticas en México.
- f) Representación de los datos en mapas. El resultado obtenido fue la probabilidad de presencia del parásito por pixel del mapa.

Análisis estadístico

Para evaluar la contribución de las variables ambientales a la predicción de los modelos de cada especie de parásito, se estimaron los porcentajes de contribución relativa al modelo con los valores de resumen de los resultados de las réplicas que contienen los valores de la media para todos los parámetros analizados.

En el caso de la prueba de *Jackknife* integrada en el programa Maxent, se crean tres tipos de modelos. El primer tipo de modelo se construye con todas las

variables excluyendo una variable ambiental, para determinar así como la variable excluida afecta al modelo. El siguiente modelo se crea usando cada variable ambiental de manera independiente, para observar cómo es su aporte individual al modelo general. Por último se construye un modelo usando todas las variables. Entre los modelos creados con las variables ambientales independientes, se seleccionó como la variable más importante aquella que tuviera un mayor aporte al modelo general. Entre los modelos creados excluyendo una de las variables ambientales, se seleccionó como la variable más importante aquella que al ser excluida provoque que el aporte de las demás variables al modelo sea menor (Phillips et al., 2006).

Para determinar la contribución relativa (%) de cada variable ambiental al modelo, en cada iteración del algoritmo de entrenamiento, se añade el aumento en la ganancia regularizada a la contribución de la variable correspondiente (Phillips et al., 2006). Al final del proceso de entrenamiento del modelo los valores de contribución de cada variable ambiental se convierten a porcentajes. Entre las diferentes variables ambientales, se seleccionaron como las de mayor aporte a los modelos las primeras que tuvieran los mayores porcentajes de contribución y que sumados alcanzaran más del 50% (Phillips et al., 2006).

Con el objeto de poder visualizar cómo es que las variables ambientales con mayor aporte influyen sobre la predicción del modelo se utilizaron las curvas de respuesta. Estas curvas muestran cómo afecta cada variable ambiental a la predicción de Maxent, al tomar en cuenta la probabilidad predicha de condiciones idóneas frente a los valores de cada variable ambiental (Phillips et al. 2006).

RESULTADOS

Se integraron 982 registros a la base de datos, incluida en una base de datos elaborada en Excel de acuerdo a registros correspondientes a la revisión de artículos, tesis, memorias de congresos, colecciones zoológicas, diagnósticos de laboratorio, artículos de divulgación y bases de datos de la CONABIO. Se excluyeron los estudios basados únicamente en cuestionarios, así como aquellos que no hacían referencia a la localidad geográfica en la que se encontró el parásito y los trabajos que involucraban una infección experimental. Esta revisión se resume en el repositorio de bases de datos electrónico denominado ZENODO (<http://zenodo.org>).

Georreferencia

Se generaron 7 mapas de ocurrencias de parásitos, correspondientes a 279 municipios, así como 23 mapas de la distribución proyectada al 2050 de acuerdo con los resultados del programa Maxent. Con respecto al modelo de predicción de la distribución en 2050 de los parásitos, la evaluación de los resultados demostró la eficacia del proceso, ya que el estadístico del área bajo la curva después de 10 réplicas fue siempre superior a 0.920, lo que indica una buena discriminación entre presencia y ausencia de las clases de parásitos en México (acantocéfalos, cestodos, nematodos, trematodos, protozoarios y artrópodos).

Los mapas de presencia de los parásitos se ilustran en las Figuras 3 a la 9 y los de la proyección al año 2050 en las Figuras de la 10 a la 33. En estas últimas se incluye el análisis del ajuste del modelo de predicción, el cual muestra el valor

estadístico del área bajo la curva (AUC) que mientras más cercano es a 1.0, indica que el modelo posee una mayor validez.

Para predecir la distribución en México de los parásitos integrados a la base de datos, se determinó un umbral para definir la idoneidad del hábitat de 108 especies de parásitos. De éstas, cuatro corresponden a acantocéfalos, 19 a cestodos, 20 a nematodos, 27 a trematodos, nueve a protozoarios y 29 a artrópodos. Las especies pueden consultarse en el repositorio electrónico ZENODO (<https://zenodo.org/record/1173756#.Wp7o9SNnJUM>).

Géneros registrados en las entidades federativas

AGUASCALIENTES

Clima: Semiseco (86%de su territorio), templado subhúmedo (suroeste y noreste del estado).

Temperatura media anual: 17-18°C

Rango de temperatura: Máxima de 30°C (Mayo y junio) mínima 4°C (Enero)

En el estado de Aguascalientes el 5.55% son acantocéfalos, el 64.70% son cestodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO) y 35.29% trematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Padilla et al., 2015).

Acantocéfalos	Cestodos	Trematodos
5.55%	64.70%	35.29 %

BAJA CALIFORNIA SUR

Clima: Muy seco (92%), seco y semiseco (7%) y templado subhúmedo (1%)

Temperatura media anual: 18- 22°C

Rango de temperatura: Máxima de 35° C (Julio y agosto); mínima de 9°C (Enero).

En el estado de Baja California Sur el 16.66% son cestodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM - UNIBIO) y el 83.33% son trematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Gordy et al., 2017; Poulin et al., 2016).

Cestodos	Trematodos
16.66%	83.33%

CAMPECHE

Clima: Cálido subhúmedo (92%), cálido húmedo en la parte este y norte del estado (7.75%) y clima semiseco (0.05%).

Temperatura media anual: 26- 27°C

Rango de temperatura: Máxima 30°C; mínima 18°C.

En Campeche el 100% de los parásitos encontrados son trematodos (Poulin et al., 2016).

Trematodos
100%

CHIAPAS

Clima: Cálido húmedo (54%), cálido subhúmedo (40%), templado húmedo (3%) y templado subhúmedo (3%).

Temperatura media anual: 18°C en Altos de Chiapas y 28°C Llanura Costeña

Rango de temperatura: Máxima 30°C; mínima 17.5°C

Chiapas presenta un 100% de artrópodos presentes en aves (Dietsch T. 2008).

Artrópodos
100%

CHIHUAHUA

Clima: Muy seco en las Sierras y Llanuras del Norte (40%), Clima seco y semiseco en las partes bajas de la Sierra Madre Occidental (33%)y templado subhúmedo (24%), cálido subhúmedos (3%).

Temperatura media anual: 17°C

Rango de temperatura: Máxima >30°C (Mayo a agosto) mínima -5°C.

En el estado de Chihuahua la presencia de acantocéfalos es de 2.38%, 45.23% de cestodos, 23.80% de trematodos y 28.57% de nematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Acantocéfalos	Cestodos	Trematodos	Nematodos
2.38%	45.23%	23.80%	28.57%

CIUDAD DE MÉXICO

Clima: Templado subhúmedo (87%), clima seco y semiseco (7%) y templado húmedo (6%)

Temperatura Media Anual: 16°C

Rango de temperatura: Máxima >25°C (Marzo a mayo) mínima 5°C (Enero).

En la Ciudad de México el mayor porcentaje de parásitos fue de 70% de artrópodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Estébanes González M. 1997), 10% de cestodos (Padilla et al., 2015) y 20% de trematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Artrópodos	Trematodos	Cestodos
70%	20%	10%

DURANGO

Clima: Seco y semiseco (40%), templado subhúmedo (34%), muy seco (14%), cálido subhúmedo (11%) y templado húmedo (1%).

Temperatura Media Anual: 17°C

Rango de temperatura: Máxima >31°C (Mayo y junio), mínima 1.7°C (enero).

La ocurrencia de parásitos en el estado de Durango es de 9.52% de acantocéfalos, 52.38% de cestodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO) y 38.09% de trematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Padilla et al., 2015).

Acantocéfalos	Cestodos	Trematodos
9.52%	52.38%	38.09%

ESTADO DE MÉXICO

Clima: Templado subhúmedo (73%), cálido subhúmedo hacia el suroeste (21%), seco y semiseco al noreste (6%) y clima frío en las partes altas de los volcanes (0.16%).

Temperatura Media Anual: 14.7°C

Rango de temperatura: Máxima 25°C (abril y mayo) mínima 3.0°C (enero y febrero).

El mayor estado de la República Mexicana que ha detectado la ocurrencia de parásitos, es el Estado de México contando con un 4.05% de artrópodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Estébanes González M. 1997), 7.20% de acantocéfalos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Padilla et al., 2015.; Martínez-Haro et al., 2012), 23.42% de cestodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología UNAM – UNIBIO; Padilla et al., 2015; Martínez-Haro et al., 2012), 39.63% de trematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Padilla et al., 2015; Santos et al., 2011; Martínez-Haro et al., 2012), 19.81% de nematodos (Rodríguez et al., 2017; Padilla et al., . 2015; Santos et al., 2011; Martínez-Haro et al., 2012; Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO) y finalmente con un 5.85% de protozoarios (Rodríguez et al., 2017; Padilla et al., 2015; Santos et al., 2011). Estos registros han sido

obtenidos a través de muestreos en instituciones gubernamentales, muestreo en campo y colecta en la colección biológica del Instituto de Biología.

Artrópodos	Acantocéfalos	Cestodos	Trematodos	Nematodos	Protozoarios
4.05%	7.20%	23.42%	39.63%	19.81%	5.85%

GUERRERO

Clima: Cálido subhúmedo (82%), seco y semiseco (9%), templado subhúmedo (5%), cálido húmedo (3%) y templado húmedo (1%).

Temperatura Media Anual: 25°C

Rango de temperatura: Máxima 32°C, mínima 18°C.

En el estado de Guerrero se obtuvo un 5.88% de artrópodos, 11.76% de acantocéfalos, un 5.88% de cestodos, 35.29% de nematodos (Violante-Gonzalez et al., 2011), y 41.17% de trematodos (Violante-Gonzalez et al., 2011; Padilla et al., 2015).

Artrópodos	Acantocéfalos	Cestodos	Nematodos	Trematodos
5.88%	11.76%	5.88 %	35.29%	41.17%

HIDALGO

Clima: Seco y semiseco (39%9, templado subhúmedo (33%), cálido húmedo (16%), cálido subhúmedo (6%) y templado húmedo en la zona de la Huasteca (6%).

Temperatura media anual: 16°C

Rango de temperatura: Máxima 27°C (abril y mayo), mínima 4°C (enero).

En el estado de Hidalgo el 16.66% de parásitos acantocéfalos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO), el porcentaje de cestodos 16.66% (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO; Padilla et al., 2015), y finalmente el 66.66% corresponde a trematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Acantocéfalos	Cestodos	Trematodos
16.66%	16.66%	66.66%

JALISCO

Clima: Clima cálido subhúmedo a lo largo de la costa y zona centro (68%), templado subhúmedo en las partes altas de la Sierra (18%) y seco y semiseco en norte y noreste (14%).

Temperatura Media Anual: 20.5°C

Rango de Temperatura: Máxima 23°C (mayo a septiembre), mínima 7.0°C (enero).

El estado de Jalisco presenta 5.26% de acantocéfalos, 57.89% de cestodo, 26.31% de trematodos y 10.52% de nematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Acantocéfalos	Cestodos	Nematodos	Trematodos
5.26%%	57.89 %	10.52%	26.31%

MICHOACÁN

Clima: Cálido subhúmedo por toda la Costa del Pacífico y Sierra Madre del Sur (54.5%), templado subhúmedo en Eje Neovolcánico (29%), seco y semiseco en partes bajas y medias de la depresión del Balsas y Tepelcatepec (15%), templado húmedo (1%) y finalmente en regiones altas del Eje Neovolcánico con clima cálido húmedo (0.5%).

Temperatura Media Anual: 20°C

Rango de Temperatura: Máxima 31°C (abril y mayo), mínima 8°C (enero).

En Michoacán los parásitos el porcentaje de protozoarios se ve disminuido a comparación del Estado de México, teniendo un 4.54% (Estébanes et al., 1997), un 95.45% de artrópodos (Estébanes et al., 1997) y 4.34% de trematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Artrópodos	Protozoarios	Trematodos
95.45%	4.54%	4.34%

MORELOS

Clima: Cálido subhúmedo (87.8%), templado húmedo al norte del estado (11%), templado subhúmedo hacia el noroeste (2%) y finalmente clima frío (0.2%).

Temperatura Media Anual: 21.5°C

Rango de Temperatura: Máxima 32°C (abril y mayo), mínima 10°C (enero).

El número de protozoarios presentes en Morelos es el más alto de todos, con un 12.05% (Ledesma et al., 2017) y 87.5% de artrópodos (Estébanes et al., 1997; Radovsky et al., 2001).

Artrópodos	Protozoarios
87.5%	12.05%

NAYARIT

Clima: Cálido subhúmedo (91.5%), templado subhúmedo sobre todo en zonas cercanas a la Sierra (6%), seco y semiseco hacia el sur y sureste del estado (2%) y 0.5% cálido húmedo.

Temperatura Media Anual: 25°C.

Rango de Temperatura: Máxima 35°C (mayo y junio), mínima 12°C.

El estado de Nayarit de los parásitos encontrados corresponde al 100% de trematodos (Padilla et al., 2015).

Trematodos
100%

NUEVO LEÓN

Clima: Seco y semiseco (68%), cálido subhúmedo por toda la región cercana a la Llanura Costera del Golfo Norte (20%), templado subhúmedo en las partes altas de la Sierra (7%), clima muy seco hacia la Sierra Madre Occidental (5%).

Temperatura Media Anual: 20°C

Rango de Temperatura: Máxima 32°C (mayo a agosto), mínima 5°C (enero).

En el estado de Nuevo León el porcentaje de nematodos, corresponde al 100% (Gómez et al., 2009).

Nematodos
100%

OAXACA

Clima: Cálido subhúmedo por toda la zona costera y este (47%), cálido hpumedo en la región norte (22%), templado húmedo en partes altas orientales de los cerros Volcán Priet y Humo Grande (16%), clima seco y semiseco hacia centro, sur y noroeste (11%), clima templado subhúmedo en zonas con altitudes entre 2000 y 3000 metros (4%).

Temperatura Media Anual: 22°C

Rango de Temperatura: Máxima 31°C (abril y mayo), mínima 12.5% (enero)

Oaxaca es uno de los estados con mayor biodiversidad en aves silvestre. El porcentaje de parásitos artrópodos presentes es del 100% (Estébanes et al., 1997).

Artrópodos
100%

SINALOA

Clima: Cálido subhúmedo en la franja noreste-sureste desde Choix hasta los límites con Nayarit (48%), seco y semiseco en la franja que va desde El Fuerte

hasta Mazatlán (40%), muy seco sobretodo en la zona de Los Mochis (10%), clima templado subhúmedo en partes altas de la Sierra Madre Occidental (2%).

Temperatura Media Anual: 25°C

Rango de Temperatura: Máxima 36°C (enero), mínima 10.5°C (mayo a julio).

En Sinaloa el porcentaje de acantocéfalos es del 25% (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO) y de trematodos del 75% (Padilla et al., 2015; Poulin et al., 2016).

Acantocéfalos	Trematodos
25.00%	75%

SONORA

Clima: Seco y semiseco (48%), muy seco por toda la Llanura Costera del Golfo y Sonorense (46.5%), templado subhúmedo hacia el este (4%) y clima cálido subhúmedo hacia el sureste (1.5%).

Temperatura Media Anual: 22°C.

Rango de Temperatura: Máxima 38°C (junio y julio), mínima 5°C (enero).

En Sonora el 40% está representado por acantocéfalos (García-Prieto L, García-Varela M, Mendoza-Garfias 2014) y el 60% por trematodos (Poulin et al., 2016; Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Acantocéfalos	Trematodos
40.00%	60.00%

TAMAULIPAS

Clima: Clima subhúmedo (58%), seco y semiseco por el centro, norte y suroeste del estado (38%), templado subhúmedo región del suroeste (2%) y cálido húmedo (2%).

Temperatura Media Anual: 23.5°C

Rango de Temperatura: Máxima 22°C (junio a agosto), mínima 10°C (enero).

TABASCO

Clima: Cálido húmedo (95%) y cálido subhúmedo (4.5%).

Temperatura Media Anual: 27°C

Rango de Temperatura: Máxima 36°C (mayo), mínima 18.5°C (enero).

El porcentaje de trematodos en los estados de Tamaulipas y Tabasco, corresponde a un 100% de trematodos presentes (Padilla et al., 2015).

Trematodos
100%

VERACRUZ

Clima: Cálido subhúmedo 53.5%, cálido húmedo por la Llanura Costera del Golfo Norte y Sur (41%), templado húmedo en zonas montañosas (3.5%), clima templado en alta montaña (1.5%), seco y semiseco en región oeste (0.5%) y finalmente clima frío en partes altas del Pico de Orizaba y Cofre de Perote (0.05%).

Temperatura Media Anual: 23°C

Rango de Temperatura: Máxima 32°C (abril y mayo), mínima 13°C (enero).

Hacia el Golfo de México donde se encuentra el Río de Rapaces en el estado de Veracruz, es uno de los puntos de reunión de mayor auge en toda Latinoamérica.

La búsqueda bibliográfica demostró que trematodos y nematodos tienen un 50% de ocurrencia respectivamente (Arrona-Rivera et al., 2016).

Nematodos	Trematodos
50%	50%

YUCATÁN

Clima: Cálido subhúmedo (85.5%) y clima seco y semiseco en la parte norte del estado (14.5%).

Temperatura Media Anual: 26°C

Rango de Temperatura: Máxima 36°C (mayo), mínima 16°C (enero).

El estado de Yucatán presenta un porcentaje de 5% de artrópodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO), 10% de acantocéfalos (Barrera et al., 2008), 5% de cestodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO), 55% trematodos (Barrera et al., 2008; Padilla et al., 2015; Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO) y 25% de nematodos (Barrera et al., 2008; Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Acantocéfalos	Cestodos	Artrópodos	Trematodos	Nematodos
10%	5%	5%	55%	25%

ZACATECAS

Clima: Seco y semiseco (73%), templado subhúmedo hacia el oeste del estado (17%), muy seco hacia la región norte y noreste (6%), cálido subhúmedo hacia el sur y suroeste (4%).

Temperatura Media Anual: 17°C

Rango de Temperatura: Máxima 30°C (mayo), mínima 3°C (enero).

Finalmente el estado de Zacatecas presenta 12.5% de artrópodos, 12.5% de acantocéfalos, 25% de cestodos, 25% de trematodos y 25% de nematodos (Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO).

Artrópodos	Acantocéfalos	Cestodos	Nematodos	Trematodos
12%	12.5%	25%	25%	25%

Variables bioclimáticas que contribuyen a la distribución de parásitos

A fin de vincular la base de datos con una representación gráfica, con el uso de Google Maps, se realizó manualmente la búsqueda de 279 coordenadas nuevas con notación decimal de las localidades (municipio y entidad). Una vez obtenidas las coordenadas geográficas, se empleó el programa DIVA-GIS. Se generaron siete mapas de ocurrencias. El modelado del hábitat idóneo de los parásitos se generó con el algoritmo Maxent que integra las presencias (ocurrencias) de parásitos, variables climáticas y número de puntos de control adecuado a la extensión del área de estudio. Las variables bioclimáticas para generar los

escenarios de predicción actuales y 2050 se extrajeron del Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (www.ccafs-climate.org) y de WorldClim (www.worldclim.org), las cuales utilizan la temperatura y precipitación para derivar índices climáticos mensuales, cuatrimestrales y anuales que representan tendencias, estacionalidad y datos extremos que son biológicamente relevantes con una resolución espacial de 30 segundos. Se empleó un escenario de Trayectoria de Concentración Representativa (RCP por sus siglas en inglés) 2.6, el cual considera un aumento en la producción de bioenergía y una reducción de 40% en las emisiones de metano, así como menor dependencia de los combustibles fósiles.

De conformidad con el análisis de la información recopilada y revisada, las variables bioclimáticas que más influyen en la distribución de las especies de acuerdo con los resultados de la proyección generada por el algoritmo se muestran en el Cuadro 15 del Anexo. Las variables bioclimáticas que más contribuyen a la distribución de los parásitos acantocéfalos, artrópodos y cestodos de las aves silvestres son la bio19 (precipitación del trimestre o estación del año más fría) y la bio15 (estacionalidad de la precipitación). Asimismo, en la distribución de los trematodos de aves silvestres influyeron la bio2 (oscilación diurna de la temperatura) y la bio4 (estacionalidad de la temperatura). En el caso de las coccidias del género *Eimeria* spp., esta última variable fue la más importante en la idoneidad de hábitat de este parásito (Cuadro 15 del Anexo).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El cambio climático ha estimulado el desarrollo de investigaciones en diversas especies animales, entre los que resaltan las aves, las cuales han sido estudiadas a causa de su reacción rápida a un cambio climático global (Crick, 2004; Sekercioglu et al., 2008). Lo anterior se debe a que existen diversos estudios en aves relacionados con el seguimiento de su distribución y abundancia (Peterson et al., 2002). De ese modo es posible evidenciar modificaciones en aspectos básicos de su biología que puedan atribuirse al cambio climático, por ejemplo, los periodos de migración, anidación, tamaños poblaciones, distancia que migran y su distribución (Parmesan, 2006; Peterson et al., 2010). Por todo ello muchas especies de aves pueden utilizarse como grupo focal para dar un seguimiento al efecto del fenómeno del cambio climático en ecosistemas naturales (Moreno et al., 2007).

Si las aves son perturbadas negativamente por el cambio climático, es seguro especular que esto afectará directa o indirectamente a los parásitos que las infectan. Algunos estudios previos han documentado el efecto del cambio climático sobre los parásitos de los animales domésticos y silvestres, por ejemplo, vectores de *Leishmania* vectors (González et al., 2011), *Onchocerca* (Richards, 1993), *Fasciola hepatica* (Ducheyne et al., 2015; Qin et al., 2016), *Haemonchus contortus* (Rinaldi et al., 2015), *Plasmodium* spp. (Rodríguez-Morales et al., 2015; Ryan et al., 2015), e *Ixodes scapularis* (Hahn et al., 2016; Johnson et al., 2016), entre otros.

El presente trabajo incorporó registros de presencia de los parásitos de las aves domésticas y silvestres nacionales, los cuales fueron revisados para eliminar datos duplicados o errores en las coordenadas geográficas que localizaban ocurrencias en zonas que no correspondían a México. No obstante, el factor realmente limitante para obtener modelos de predicción confiables es el número mínimo de registros de presencia con los que se generan los modelos de distribución de las especies (Plissock y Fuentes-Castillo, 2011). Por otro lado, debido a que la cantidad mínima de registros que se estableció para modelar la distribución de las especies fue de 20 (Mateo et al., 2011), no fue posible modelar una gran cantidad de especies de parásitos que pudieron haber sido proyectadas de haber contado con mayores fuentes de información. Por ejemplo, hasta donde se tiene conocimiento, muy pocos documentos que indicaron la presencia de ácaros en aves silvestres o domésticas en hábitats naturales. Por consiguiente, es recomendable obtener una cantidad de registros de presencias u ocurrencias mayor para poder modelar la distribución de la mayoría de las especies de los parásitos. Asimismo, para validar el modelo de predicción, se sugiere establecer una estrategia de recolección de muestras, ya que la definición de la recopilación de registros tiene un efecto directo en el desempeño final del modelo, por lo que es imprescindible que la información se encuentre uniformemente distribuida a lo largo del gradiente geográfico-ambiental de México y de esa manera se evite la tendencia a sobreestimar el área de distribución que deriva de la concentración de las especies en alguna zona que tenga más información biológica, o bien, que

exista un sesgo geográfico o de extrapolación de predicciones (Aranda y Lobo, 2009).

Debido a que estudios anteriores han demostrado que Maxent es una de las técnicas de modelado más exitosas para proyectar la distribución de las especies a partir de estudios biogeográficos (Elith et al., 2006), es seguro afirmar que la evaluación de los modelos realizados en el presente trabajo produjo resultados estadísticos altamente válidos y precisos, incluso en las especies que tuvieron registros cercanos al límite mínimo de presencias. No obstante, este tipo de registros tienen un riesgo de presentar una mayor sobrepredicción que el resto de las especies con mayores presencias documentadas (Phillips et al., 2006).

En el presente trabajo se comprobó que la distribución de los parásitos que afectan a las aves silvestres en México está circunscrita a zonas en las que la estacionalidad de la precipitación es relevante; mientras que en el caso de las aves domésticas influye la estacionalidad de la temperatura. Este último resultado está probablemente afectado por la intervención de las actividades de manejo en la producción avícola, ya que la temperatura y humedad de las instalaciones dependen de factores antropogénicos. Lo anterior coincide con estudios que documentan la influencia humana sobre la distribución de especies, por ejemplo, se ha demostrado que el establecimiento y desarrollo de garrapatas del género *Rhipicephalus* spp. está relacionado con la urbanización de los distintos ecosistemas y las actividades de movilización del ganado a través de distintas zonas climáticas (Acheson et al. 2015).

Con respecto a las especies de parásitos que se han documentado en las aves silvestres, se comprobó que las variaciones intertrimestrales en la precipitación afectan el establecimiento de los mismos en el ambiente externo del hospedero. Este resultado coincide con estudios previos que han demostrado que los parásitos tienen preferencia por áreas con niveles de pluviosidad elevados y estables (Ducheyne et al., 2015; Qin et al., 2016). Por otro lado, es relevante señalar que la distribución de los parásitos de las aves silvestres también está relacionada con la biología de sus hospederos, es decir, la migración, búsqueda de ecosistemas que contengan los alimentos y con los diversos patrones reproductivos de las especies de aves (Plasencia-Vázquez et al., 2014).

En los modelos generados en la presente investigación se observó que existen zonas climáticas idóneas en las que no se ha documentado la presencia de una determinada especie. Lo anterior puede deberse a la presencia de factores bióticos como la competencia interespecífica, o bien, a procesos complejos como el movimiento de los hospederos (Pearson y Dawson, 2003; Mateo et al., 2012) separadas por barreras climáticas.

Es importante resaltar que una fuente de error asociada a los modelos presentados en este trabajo consiste en el uso de registros de presencia y no de ausencia, los cuales son menos probables de encontrar en bases de datos con registros históricos (Galparsoro et al., 2009). En este estudio, se recopiló una cantidad considerable de datos de parásitos que afectan a las aves domésticas y silvestres que, mediante el programa DIVA GIS, se demostró que no están homogéneamente distribuidos en México. Sin embargo, se ha comprobado que el

algoritmo Maxent funciona adecuadamente para predecir zonas de presencia para especies para las que se cuenta con registros escasos (Pearson et al., 2007).

Por otro lado, aunque Maxent utiliza las pseudoausencias para calibrar el modelo, éstas normalmente no se consideran válidas para su uso en la evaluación. Por consiguiente, es importante utilizar ausencias verdaderas para validar los modelos y determinar la coincidencia de las predicciones del modelo con lo que se observa en el campo (Peterson et al., 2011).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo bajo un escenario particular de cambio climático proyectado al año 2050 para cada especie de parásito, pueden apoyar la instrumentación de acciones de prevención de enfermedades causadas por estos agentes en las aves, ya que el conocimiento sobre los factores bioclimáticos que influyen en la distribución de las especies es importante tanto para instrumentar programas de medicina preventiva en aves de abasto y compañía como para apoyar la planeación, ejecución y evaluación de acciones de conservación. Por lo tanto, la información generada en este trabajo puede contribuir al conocimiento científico relacionado con la biogeografía de las enfermedades infecciosas. A pesar de que este estudio es una aproximación primeriza, el modelado de la distribución de especies de parásitos de aves en México bajo la influencia del cambio climático permitirá definir ecorregiones y priorizar los estudios epidemiológicos que consideran las contribuciones de las variables bioclimáticas en la transmisión de las enfermedades parasitarias.

El conocimiento de las variables ambientales involucradas en la distribución espacial de los parásitos permitirá realizar un pronóstico acertado del riesgo de enfermedades parasitarias en aves e identificar estrategias basadas en factores ecológicos para la intervención futura mediante programas preventivos, de conservación de especies de aves y de control parasitario. Asimismo, la base de datos georeferenciada es un documento que podrá ser de acceso público a través de un repositorio de acceso abierto para que los alumnos, académicos, investigadores, médicos veterinarios, biólogos, ecólogos, epidemiólogos, ornitólogos personal que labora en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), productores de aves y usuarios en general, pueden tener acceso de manera gratuita al resultado de este trabajo de revisión y análisis de información.

Adicionalmente, los datos georeferenciados pueden ser utilizados para fundamentar programas de estudio de las enfermedades parasitarias de las aves, ya que en los registros bibliográficos y la validación de los modelos de predicción que se realiza en el campo pueden proporcionar evidencias de las parasitosis más documentadas del país.

REFERENCIAS

1. Acheson ES, Plowright AA, Kerr JT. Where have all the mosquito nets gone? Spatial modelling reveals mosquito net distributions across Tanzania do not target optimal *Anopheles* mosquito habitats. *Malar J.* 2015;14:322. PubMed PMID: 26283538. eng.
2. Alcalá C. Antiparasitarios. In: OL SLyG, editor. *Farmacología clínica en aves comerciales*. 4a. Ed. ed. México, D.F.: McGraw Hill; 2010.
3. Allal F, Sanou H, Millet L, Vaillant A, Camus-Kulandaivelu L, Logossa ZA, et al. Past climate changes explain the phylogeography of *Vitellaria paradoxa* over Africa. *Heredity (Edinb).* 2011 Aug;107(2):174-86. PubMed PMID: 21407253. PMCID: PMC3178399. eng.
4. Aranda SC, Lobo JM. Una estimación de la capacidad predictiva de los modelos de distribución. En: *Biogeografía: Scientia Biodiversitatis*. Real, R., & Márquez, A.L. (eds.) Universidad de Málaga. 2009; pp. 155-1634.
5. Arrona-Rivera A, Sánchez-Godoy F, Hernández-Velasco X. Proventricular parasitosis by *Procyrnea* sp. (Spiruroidea: Habronematidae) in a roadside hawk (*Rupornis magnirostris*) from the state of Veracruz, Mexico: a case report. *Acta Zoológica Mexicana [serial on the Internet]*. (2016, Sep), [cited October 20, 2017]; 32(3): 225-229. Available from: Academic Search Complete
6. Barrera Guzmán A, Guillén Hernández S. *Helminths intestinales en aves Ciconiiformes de la ciénaga de Chuburná, Yucatán, México [monograph on the Internet]*. [place unknown]: 2008; n.d. [cited November 16, 2017]. Available from: PERIODICA.

7. Becker M, Weisberg P. Synergistic effects of spring temperatures and land cover on nest survival of urban birds. *Condor: Ornithological Applications* [serial on the Internet]. (2015, Feb), [cited December 4, 2017]; 117(1): 18. Available from: Complementary Index.
8. Bock, C.E. y F.J. Zach. 2004. Avian habitat evaluation: should counting birds count? *Frontiers in Ecology and the Environment* 2:403-410.
9. Bowman DD, Georgi JR. *Georgis' parasitology for veterinarians*: St. Louis, Missouri : Saunders Elsevier, c2009 9th ed.; 2009.
10. Bowman DD. *Georgis' Parasitology for Veterinarians*. 10th. ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders Co.; 2013 2013-12-09. 496 p.
11. Brasil LM, Gomes MM, Miosso CJ, da Silva MM, Amvame-Nze GD. Web platform using digital image processing and geographic information system tools: a Brazilian case study on dengue. *Biomed Eng Online*. 2015;14:69. PubMed PMID: 26178732. PMCID: PMC4502932. eng.
12. Brooks DR, Hoberg EP. How will global climate change affect parasite-host assemblages? *Trends Parasitol*. 2007 Dec;23(12):571-4. PubMed PMID: 17962073. eng.
13. Chapman HD. Milestones in avian coccidiosis research: a review. *Poult Sci*. 2014;93(3):501-
14. Chengat Prakashbabu B, Thenmozhi V, Limon G, Kundu K, Kumar S, Garg R, et al. *Eimeria* species occurrence varies between geographic regions and poultry production systems and may influence parasite genetic diversity. *Vet*

Parasitol. 2017 Jan;233:62-72. PubMed PMID: 28043390. PMCID: PMC5239766.
Epub 2016/12/06. eng.

15. Clima. Distrito Federal [Internet]. Cuentame.inegi.org.mx. 2018 [cited 15 February 2018]. Available from: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me&e=09>

16. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Registros de especímenes. Versión 2015-11.

17. Costello MJ. Parasite Rates of Discovery, Global Species Richness and Host Specificity. *Integr Comp Biol.* 2016;56(4):588-99.

18. Crick HQP. The impact of climate change on birds. *Ibis.* 2004;146:48-56

19. Dietsch T. A Relationship Between Avian Foraging Behavior and Infestation by Trombiculid Larvae (Acari) in Chiapas, Mexico. *Biotropica* [serial on the Internet]. (2008, Mar), [cited October 20, 2017]; 40(2): 196-202. Available from: Environment Complete

20. Dobson, A. P. y Mccallum, H. (1997). The role of parasites in bird conservation. Clayton, D.H. y J Moore eds. *Host-Parasite Evolution*. Oxford University Press New York, U.S.A.

21. Ducks Unlimited de México A.C. (DUMAC)

22. Ducheyne E, Charlier J, Vercruysse J, Rinaldi L, Biggeri A, Demeler J, Brandt C, De Waal T, Selemetas N, Høglund J, Kaba J, Kowalczyk SJ, Hendrickx G. Modelling the spatial distribution of *Fasciola hepatica* in dairy cattle in Europe. *Geospat Health* 2015;9, 261-270

23. Elith J, Graham CH. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 2006;29: 129-151
24. Estébanes González M. Acarofauna en nidos de aves silvestres en México [monograph on the Internet]. [place unknown]: 1997; n.d. [cited November 16, 2017]. Available from: PERIODICA.
25. Estrada-Peña A. Geostatistics and remote sensing using NOAA-AVHRR satellite imagery as predictive tools in tick distribution and habitat suitability estimations for *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in South America. National Oceanographic and Atmosphere Administration-Advanced Very High Resolution Radiometer. *Vet Parasitol*. 1999 Feb;81(1):73-82. PubMed PMID: 9950331. Eng.
26. Estrada-Peña AM, Corson JM, Venzal AJ, Mangold Y, Guglielmonete A. Changes in climate and hábitat suitability for the cattle tick *Boophilus microplus* in its southern Neotropical distribution range. *J Vector Ecol*. 2006;31(1): 158-167
27. FAO. "Los Servicios Ecosistémicos Son La Multitud De Beneficios Que La Naturaleza Aporta a La Sociedad. La Biodiversidad Es La Diversidad Existente Entre Los Organismos Vivos, Que Es Esencial Para La Función De Los Ecosistemas y Para Que Estos Presten Sus Servicios." [Fao.org](http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/), 2018, www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/.
28. Feria Arroyo T, Sánchez Rojas G, Ortiz Pulido R, Bravo Cadena J, Calixto Pérez E, Valencia Herverth J, et al. Estudio del cambio climático y su efecto en las aves en México: enfoques actuales y perspectivas futuras [monograph on the Internet]. [place unknown]: 2013; n.d. [cited February 15, 2018]. Available from: PERIODICA.

29. Ferreira Junior FC, Rodrigues RA, Ellis VA, Leite LO, Borges MAZ, Braga É. Habitat modification and seasonality influence avian haemosporidian parasite distributions in southeastern Brazil. *PLoS One*. 2017;12(6):e0178791.
30. Fitzpatrick JL. Global food security: the impact of veterinary parasites and parasitologists. *Vet Parasitol*. 2013 Aug;195(3-4):233-48. PubMed PMID: 23622818. eng.
31. Foley DH, Maloney FA, Harrison FJ, Wilkerson RC, Rueda LM. Online spatial database of US Army Public Health Command Region-West mosquito surveillance records: 1947-2009. *US Army Med Dep J*. 2011 Jul-Sep;29:29-36. PubMed PMID: 21805453. eng.
32. Foley DH, Wilkerson RC, Birney I, Harrison S, Christensen J, Rueda LM. MosquitoMap and the Mal-area calculator: new web tools to relate mosquito species distribution with vector borne disease. *Int J Health Geogr*. 2010;9:11. PubMed PMID: 20167090. PMCID: PMC2837623. eng.
33. Foley DH, Wilkerson RC, Dornak LL, Pecor DB, Nyari AS, Rueda LM, et al. SandflyMap: leveraging spatial data on sand fly vector distribution for disease risk assessments. *Geospat Health*. 2012 Sep;6(3):S25-30. PubMed PMID: 23032280. eng.
34. Foley DH, Wilkerson RC, Rueda LM. Importance of the "what," "when," and "where" of mosquito collection events. *J Med Entomol*. 2009 Jul;46(4):717-22. PubMed PMID: 19645273. eng.

35. Foreyt WJ. Veterinary Parasitology Reference Manual New York, NY: John Wiley & Sons; 2013 [updated 2013. Available from: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201410213286>.
36. García-Prieto L, García-Varela M, Mendoza-Garfias B. Biodiversidad de Acanthocephala en México. Revista Mexicana De Biodiversidad [serial on the Internet]. (2014, Jan 1), [cited October 31, 2017]; 85(Supplement 1): 177-182. Available from: ScienceDirect
37. Giles JR, Peterson AT, Busch JD, Olafson PU, Scoles GA, Davey RB, et al. Invasive potential of cattle fever ticks in the southern United States. Parasit Vectors. 2014 Apr;7:189. PubMed PMID: 24742062. PMCID: PMC4021724. Epub 2014/04/17. eng.
38. Gómez Peña Y, Salas Westphal A, Scott Morales L. Primer informe de *Ascaridia dissimilis* (Secernentea: Ascarida) en guajolote silvestre Río Grande de Nuevo León, México [monograph on the Internet]. [place unknown]: 2009; n.d. [cited November 6, 2017]. Available from: PERIODICA
39. González C, Rebollar-Téllez EA, Ibáñez-Bernal S, Becker-Fauser I, Martínez-Meyer E, Peterson AT, Sánchez-Cordero V. Current knowledge of *Leishmania* vectors in Mexico: how geographic distributions of species relate to transmission areas. Am J Trop Med Hyg. 2011;85:839-846
40. Gordy M, Locke S, Rawlings T, Lapierre A, Hanington P. Molecular and morphological evidence for nine species in North American *Australapatemon* (Sudarikov, 1959): a phylogeny expansion with description of the zygocercous

- Australapatemon mclaughlini n. sp. Parasitology Research [serial on the Internet]. (2017), [cited November 15, 2017]; (8): 2181. Available from: Academic OneFile
41. Guerra CA, Hay SI, Lucioparedes LS, Gikandi PW, Tatem AJ, Noor AM, et al. Assembling a global database of malaria parasite prevalence for the Malaria Atlas Project. *Malar J.* 2007;6:17. PubMed PMID: 17306022. PMCID: PMC1805762. eng.
42. Hahn, M.B., Jarnevich, C.S., Monaghan, A.J., Eisen, R.J., 2016. Modeling the Geographic Distribution of *Ixodes scapularis* and *Ixodes pacificus* (Acari: Ixodidae) in the Contiguous United States. *J Med Entomol.*
43. Helmy YA, Krücken J, Abdelwhab EM, von Samson-Himmelstjerna G, Hafez HM. Molecular diagnosis and characterization of *Cryptosporidium* spp. in turkeys and chickens in Germany reveals evidence for previously undetected parasite species. *PLoS One.* 2017;12(6):e0177150.
44. Hendrix CM RE. *Diagnostic Parasitology for Veterinary Technicians.* 10 ed. United States of America 2012 2011-08-31. 416 p.
45. Hill AW, Guralnick R, Flemons P, Beaman R, Wieczorek J, Ranipeta A, et al. Location, location, location: utilizing pipelines and services to more effectively georeference the world's biodiversity data. *BMC Bioinformatics.* 2009 Nov;10 Suppl 14:S3. PubMed PMID: 19900299. PMCID: PMC2775149. Epub 2009/11/10. eng.
46. Índice de Colecciones Biológicas - Instituto de Biología, UNAM – UNIBIO
47. Johnson TL, Bjork JK, Neitzel DF, Dorr FM, Schiffman EK, Eisen RJ. Habitat Suitability Model for the Distribution of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) in Minnesota. *J Med Entomol* 2016;53:598-606

48. Karagiannis-Voules DA, Odermatt P, Biedermann P, Khieu V, Schär F, Muth S, et al. Geostatistical modelling of soil-transmitted helminth infection in Cambodia: do socioeconomic factors improve predictions? *Acta Trop.* 2015 Jan;141(Pt B):204-12. PubMed PMID: 25205492. Epub 2014/09/06. eng.
49. Khatchikian C, Sangermano F, Kendell D, Livdahl T. Evaluation of species distribution model algorithms for fine-scale container-breeding mosquito risk prediction. *Med Vet Entomol.* 2011 Sep;25(3):268-75. PubMed PMID: 21198711. PMCID: PMC3135728. eng.
50. Kramer, J., E. Carrera y D. Zavaleta. 1995. Waterfowl harvest and hunting activity in Mexico.
51. Lafferty, D. K. (1997). Environmental parasitology. *Parasitology Today.* 13 (7), 251-254.
52. Ledesma Martínez, Sánchez Godoy, F, Chávez Maya, F, Méndez Bernal, A, García Espinosa, G, Guerrero Molina, C, Ledesma Martínez, N, & Morales Salinas, E 2014, 'Sarcocystis sp. en zanates (*Quiscalus mexicanus*), tordos (*Molothrus aeneus*) y gorriones (*Aimophila ruficauda*) de México', *Veterinaria México*, 1, 2, pp. 1-13, Food Science Source, EBSCOhost, viewed 31 January 2018
53. Lloyd D, Williams CF. Comparative biochemistry of *Giardia*, *Hexamita* and *Spironucleus*: Enigmatic diplomonads. *Mol Biochem Parasitol.* 2014;197(1-2):43-9.
54. Lutz HL, Hochachka WM, Engel JI, Bell JA, Tkach VV, Bates JM, et al. Parasite prevalence corresponds to host life history in a diverse assemblage of afrotropical birds and haemosporidian parasites. *PLoS One.* 2015;10(4):e0121254. PubMed PMID: 25853491. PMCID: PMC4390322. eng.

55. Malone JB, McNally KL, McCarroll JC, Corbett JD, Mkoji G. Modeling the biocoenose of parasitic diseases using remote sensing and geographic information systems. *Parassitologia*. 2004 Jun;46(1-2):59-61. PubMed PMID: 15305687. eng.
56. Martínez-Haro M, Sánchez-Nava P, Salgado-Maldonado G, de Jesús Rodríguez-Romero F. Helmintos gastrointestinales en aves acuáticas de la subcuenca alta del río Lerma, México. (Spanish). *Revista Mexicana De Biodiversidad* [serial on the Internet]. (2012, Mar), [cited November 6, 2017]; 83(1): 36. Available from: Complementary Index.
57. Martínez-Valladares M, Robles-Pérez D, Martínez-Pérez JM, Cordero-Pérez C, Famularo MeR, Fernández-Pato N, et al. Prevalence of gastrointestinal nematodes and *Fasciola hepatica* in sheep in the northwest of Spain: relation to climatic conditions and/or man-made environmental modifications. *Parasit Vectors*. 2013;6(1):282. PubMed PMID: 24289489. PMCID: PMC3849522. eng.
58. Marzal A. Las aves: centinelas de la salud del planeta [monograph on the Internet]. [place unknown]: 2015; n.d. [cited December 4, 2017]. Available from: PERIODICA.
59. Mateo RG, Felcísimo AM, Muñoz J. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Rev Chil Hist Nat*. 2011;84:217-240
60. Mateo RG, Felcísimo AM, Muñoz J. Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *Reduca (Biología)*. Serie Ecología. 2012;5 (1):137-153
61. Mateos-Gonzalez F, Sundström LF, Schmid M, Björklund M. Rapid evolution of parasite resistance in a warmer environment: insights from a large scale field

experiment. PLoS One. 2015;10(6):e0128860. PubMed PMID: 26035300. PMCID: PMC4452792. eng.

62. Meerburg BG, Kijlstra A. Changing climate-changing pathogens: *Toxoplasma gondii* in North-Western Europe. Parasitol Res. 2009 Jul;105(1):17-24. PubMed PMID: 19418068. PMCID: PMC2695550. eng.

63. Moreno CE, Sánchez-Rojas GE, Pineda E, Escobar F. Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. Int J Environ Health. 2007; 1:71-86

64. Musella V, Catelan D, Rinaldi L, Lagazio C, Cringoli G, Biggeri A. Covariate selection in multivariate spatial analysis of ovine parasitic infection. Prev Vet Med. 2011 May;99(2-4):69-77. PubMed PMID: 21167615. eng.

65. Nath MJ, Bora AK, Yadav K, Talukdar PK, Dhiman S, Baruah I, et al. Prioritizing areas for malaria control using geographical information system in Sonitpur district, Assam, India. Public Health. 2013 Jun;127(6):572-8. PubMed PMID: 23701814. eng.

66. Novobilský A, Novák J, Björkman C, Höglund J. Impact of meteorological and environmental factors on the spatial distribution of *Fasciola hepatica* in beef cattle herds in Sweden. BMC Vet Res. 2015;11:128. PubMed PMID: 26054940. PMCID: PMC4459679. eng.

67. Orozco-Flores, A. (2000). Algunos trematodos y cestodos de tres especies de cercetas en dos localidades del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UAEM. México.

68. Padilla Aguilar P, Ramírez Lezama J. Lesiones asociadas a la helmintofauna del tubo digestivo de aves acuáticas migratorias (anatidae: anatinae) [monograph on the Internet]. [place unknown]: 2015. [cited November 6, 2017]. Available from: TESIUNAM
69. Pearson RG, Dawson TP. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. *Global Ecology Biogeography*, 2003;(12): 361–371
70. Pérez-Ponce De León, G. (2001). Diversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres en México. *Biodiversitas*. 37 (6), 7-16.
- Peterson AT, Soberón J, Pearson RG, Anderson RP, Martínez-Meyer E., Nakamura M, Araujo MB. *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University Press, Princeton. 2011; 328 pp.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 2006;190:231-259
71. Phillips SJ, Dudík M, Elith J, Graham CH, Lehmann A, Leathwick J, et al. Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecol Appl*. 2009 Jan;19(1):181-97. PubMed PMID: 19323182. eng.
72. Pickles RS, Thornton D, Feldman R, Marques A, Murray DL. Predicting shifts in parasite distribution with climate change: a multitrophic level approach. *Glob Chang Biol*. 2013 Sep;19(9):2645-54. PubMed PMID: 23666800. eng.
73. Plasencia-Vázquez AH, Escalona-Segura G, Esparza-Olguín LG. Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos

neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *Acta Zool Mex.* 2014; 30(3): 471-490

74. Plissock P, Fuentes-Castillo T. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles”. *Rev Geogr Nte Gde.* 2011; 79:61–79

75. Polley L, Thompson A. Parasites and wildlife in a changing world. *Trends Parasitol.* 2015 Apr;31(4):123-4. PubMed PMID: 25818849. eng.

76. Poulin, R. (1995). Phylogeny, ecology, and the richness of parasite communities in vertebrates. *Ecological Monographs.* 65 (3), 283-302.

77. Qin H, Gao X, Wang, H., Xiao, J. Relative importance of meteorological and geographical factors in the distribution of *Fasciola hepatica* infestation in farmed sheep in Qinghai province, China. 2016; *Parasite* 23:59

78. Quiroz-Castañeda RE, Dantán-González E. Control of avian coccidiosis: future and present natural alternatives. *Biomed Res Int.* 2015;2015:430610.

79. Ramos, S. R. P. (1994). Composición de la comunidad de helmintos del tubo digestivo de tres especies de garzas (Coconniformes: Ardeidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

80. Rinaldi L, Catelan D, Musella V, Cecconi L, Hertzberg H, Torgerson PR, Mavrot F, De Waal T, Selemetas N, Coll T, Bosco A, Biggeri A, Cringoli G. *Haemonchus contortus*: spatial risk distribution for infection in sheep in Europe. *Geospat Health.* 2015; 9:325-331

81. Richards FO. Use of geographic information systems in control programs for onchocerciasis in Guatemala. *Bull Pan Am Health Organ* 1993;27:52-55
82. Robinson MW, Donnelly S, Hutchinson AT, To J, Taylor NL, Norton RS, et al. A family of helminth molecules that modulate innate cell responses via molecular mimicry of host antimicrobial peptides. *PLoS Pathog.* 2011;7(5):e1002042.
83. Rodríguez Guadarrama C, Lima Melo A, Salmerón Sosa F. Hallazgos hematológicos y frecuencia de parásitos (protozoarios y helmintos) en aves de presa destinadas a rehabilitación mediante el sistema parental [monograph on the Internet]. [place unknown]: 2017. [cited November 16, 2017]. Available from: TESIUNAM
84. Rodríguez-Morales AJ, Orrego-Acevedo CA, Zambrano-Muñoz Y, García-Folleco FJ, Herrera-Giraldo AC, Lozada-Riascos CO. Mapping malaria in municipalities of the Coffee Triangle region of Colombia using Geographic Information Systems (GIS). *J Infect Public Health.* 2015
85. Rose H, Caminade C, Bolajoko MB, Phelan P, van Dijk J, Baylis M, et al. Climate-driven changes to the spatio-temporal distribution of the parasitic nematode, *Haemonchus contortus*, in sheep in Europe. *Glob Chang Biol.* 2016;22(3):1271-85.
86. Rubel F, Brugger K, Pfeffer M, Chitimia-Dobler L, Didyk YM, Leverenz S, et al. Geographical distribution of *Dermacentor marginatus* and *Dermacentor reticulatus* in Europe. *Ticks Tick Borne Dis.* 2016 Feb;7(1):224-33. PubMed PMID: 26552893.

87. Ryan SJ, McNally A, Johnson LR, Mordecai EA, Ben-Horin, T, Paaijmans K, Lafferty KD. Mapping Physiological Suitability Limits for Malaria in Africa Under Climate Change. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2015;15:718-725
88. Saino N, Ambrosini R, Rubolini D, von Hardenberg J, Provenzale A, Hüppop K, et al. Climate warming, ecological mismatch at arrival and population decline in migratory birds. *Proc Biol Sci.* 2011 Mar;278(1707):835-42. PubMed PMID: 20861045. PMCID: PMC3049050. eng.
89. Santos T, de Oliveira J, Vaughan C, Santiago H. Health of an ex situ population of raptors (Falconiformes and Strigiformes) in Mexico: diagnosis of internal parasites. *Revista De Biología Tropical [serial on the Internet].* (2011, Sep), [cited June 21, 2017]; 59(3): 1265-1274. Available from: MedicLatina
90. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Internet]. Sagarpa.gob.mx. 2018 [cited 15 February 2018]. Available from:
<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC0513-26.aspx>
91. Secretaría de Turismo. 2011. Minuta de la Comisión Ejecutiva de Turismo. Cd. de México.
92. Sekercioglu C. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends In Ecology & Evolution [serial on the Internet].* (2006, Aug), [cited February 15, 2018]; 21(8): 464-471. Available from: MEDLINE.
93. Sekercioglu CH, Schneider SH, Fay JP, Loarie SR. Climate change, elevational

range shifts, and bird extinctions. *Conserv Biol.* 2008;22:140-150

94. Slater H, Michael E. Predicting the current and future potential distributions of lymphatic filariasis in Africa using maximum entropy ecological niche modelling. *PLoS One.* 2012;7(2):e32202. PubMed PMID: 22359670. PMCID: PMC3281123. eng.

95. Soto-Méndez, A. (2006). Estudio taxonómico de trematodos de tres especies de Ánatidos en la laguna de Chiconahupan, San Mateo Texcalyacac, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

96. Soulsby, E. J. L. (1987). *Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos.* 7ª Ed. México, D.F.: Nueva Editorial Interamericana.

97. Species of *Apatemon* Szidat, 1928 and *Australapatemon* Sudarikov, 1959 (Trematoda: Strigeidae) from New Zealand: linking and characterising life cycle stages with morphology and molecules. *Parasitology Research* [serial on the Internet]. (2016), [cited November 15, 2017]; (1): Available from: AGRIS

98. Sreenivasa Murthy GS, Panda R. Prevalence of *Dermanyssus* and *Ornithonyssus* species of mites in poultry farms of Vikarabad area of Hyderabad. *J Parasit Dis.* 2016 Dec;40(4):1372-5. PubMed PMID: 27876951. PMCID: PMC5118319. Epub 2015/05/15. eng.

99. Taylor MA, Coop RL, Wall RL. *Parasitología Veterinaria.* Chichester: Wiley Blackwell; 2012.

100. Taylor MA, Coop RL, Wall RL. *Veterinary parasitology.* Chichester: Wiley Blackwell; 2016.

101. Violante-Gonzalez J, Monks S, Gil-Guerrero S, Rojas-Herrera A, Flores-Garza R, Larumbe-Moran E. Parasite communities of the neotropical cormorant *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin) (aves, Phalacrocoracidae) from two coastal lagoons in Guerrero state, Mexico. *Parasitology Research* [serial on the Internet]. (2011), [cited October 31, 2017]; (5): 1303. Available from: Academic OneFile
102. Walz Y, Wegmann M, Dech S, Raso G, Utzinger J. Risk profiling of schistosomiasis using remote sensing: approaches, challenges and outlook. *Parasit Vectors*. 2015;8:163. PubMed PMID: 25890278. PMCID: PMC4406176. eng.
103. Wolinska J, King KC. Environment can alter selection in host-parasite interactions. *Trends Parasitol*. 2009 May;25(5):236-44. PubMed PMID: 19356982. eng.

CUADROS

Cuadro 14. Variables bioclimáticas (WorldClim.org)

bio1	Temperatura media anual
bio2	Rango diurno medio (promedio mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))
bio3	Isotermia (bio2 / bio7) (* 100)
bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar * 100)
bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
bio 6	Temperatura mínima del mes más frío
bio7	Rango de temperatura anual (bio5 - bio6)
bio8	Temperatura media del cuarto más húmedo
bio9	Temperatura media del cuarto más seco
bio10	Temperatura media del cuarto más cálido
bio11	Temperatura media del cuarto más frío
bio12	Precipitación anual
bio13	Precipitación del mes más húmedo
bio14	Precipitación del mes más seco
bio15	Estacionalidad de precipitación (Coeficiente de variación)
bio16	Precipitación del cuarto más húmedo
bio17	Precipitación del cuarto más seco
bio18	Precipitación del cuarto más cálido

bio19	Precipitación del trimestre más frío
-------	--------------------------------------

Tomado de: <http://www.worldclim.org>

Cuadro 15. Variables bioclimáticas que contribuirán a la distribución espacial de los parásitos de las aves silvestres y domésticas en México en el año 2050

Parásito	Clasificación	Primera variable bioclimática relevante (%)	Segunda variable bioclimática relevante (%)
<i>Pseudoronyosoma constrictum</i>	Acantocéfalo	bio19 (48.4)	bio15 (38.1)
<i>Pellonyssus nidicolus</i>	Artrópodo	bio15 (28.3) y bio4 (28.2)	bio19 (22.9) y bio2 (20.3)
<i>Cloacotaenia megalops</i>	Cestodo	bio15 (37.1)	bio6 (29.7)
<i>Diorchis bulbodes</i>	Cestodo	bio15 (78.9)	bio19 (16.6)
<i>Drepanidotaenia lancelota</i>	Cestodo	bio15 (69.7)	bio19 (17.9)
<i>Echinocotyle rosseteri</i>	Cestodo	bio15 (71.3)	bio19 (17.1)
<i>Fimbriaria fasciolaris</i>	Cestodo	bio15 (74.6)	bio19 (17.5)
<i>Platyscolex ciliata</i>	Cestodo	bio15 (71.3)	bio19 (17.1)
<i>Polymorphus minitus</i>	Cestodo	bio15 (75.3)	bio19 (24.6)
<i>Sobolevicanthus gracilis</i>	Cestodo	bio15 (69.2)	bio19 (19.4)
<i>Capillaria</i> spp.	Nematodo	bio19 (53.9)	bio15 (27.2)
<i>Australapatemon burti</i>	Trematodo	bio2 (38.2)	bio19 (37.9)
<i>Echinoparyphium</i>	Trematodo	bio15 (45.5)	bio19 (32.4)

<i>recurvatum</i>			
<i>Echinostoma revolutum</i>	Trematodo	bio4 (23.4)	bio2 (23.3)
<i>Echinostoma trivolvis</i>	Trematodo	bio15 (52.6)	bio2 (29.6)
<i>Hypoderaeum conoideum</i>	Trematodo	bio19 (39.4)	bio2 (35.3)
<i>Notocotylus attenuatus</i>	Trematodo	bio15 (81)	bio19 (11.9)
<i>Notocotylus seineti</i>	Trematodo	bio4 (24.9), bio2 (21.8) y bio19 (20.4)	bio10 (16.3)
<i>Parastrigea diovadena</i>	Trematodo	bio8 (60)	bio19 (14.3)
<i>Zygocotyle lunata</i>	Trematodo	bio19 (40.5)	bio15 (30.4)
<i>Eimeria</i> spp.	Protozoario	bio4 (45.3)	bio15 (21.6)

FIGURAS

Figura 1. Propuesta ante el desafío en la importancia de las infecciones parasitarias y su diagnóstico acertado para la propuesta de estrategias de control con base a datos epidemiológicos y ecológicos (Prakashbabu et al. 2017).

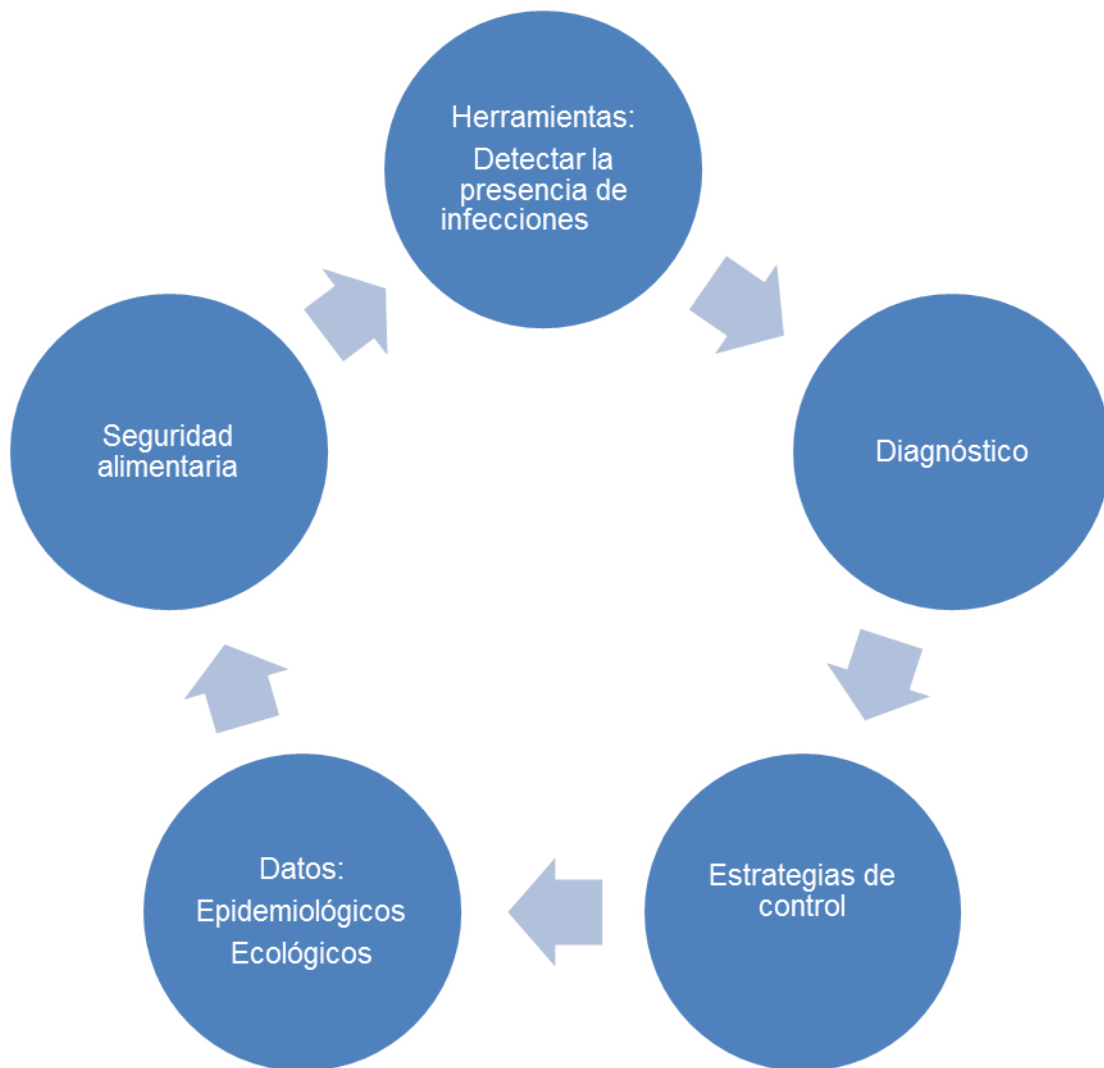


Figura 2. Regiones climáticas de México de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.



Tomado de: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/clima/default.aspx>

Figura 3. Ocurrencias de parásitos en aves domésticas en México del año 1990-2017.



Figura 4. Ocurrencias de nematodos en aves domésticas en México del año 1990-2017.



Figura 5. Ocurrencias de acantocéfalos en aves silvestres en México del año 2000 al 2017.



Figura 6. Ocurrencias de artrópodos en aves silvestres en México de 1990-2017.



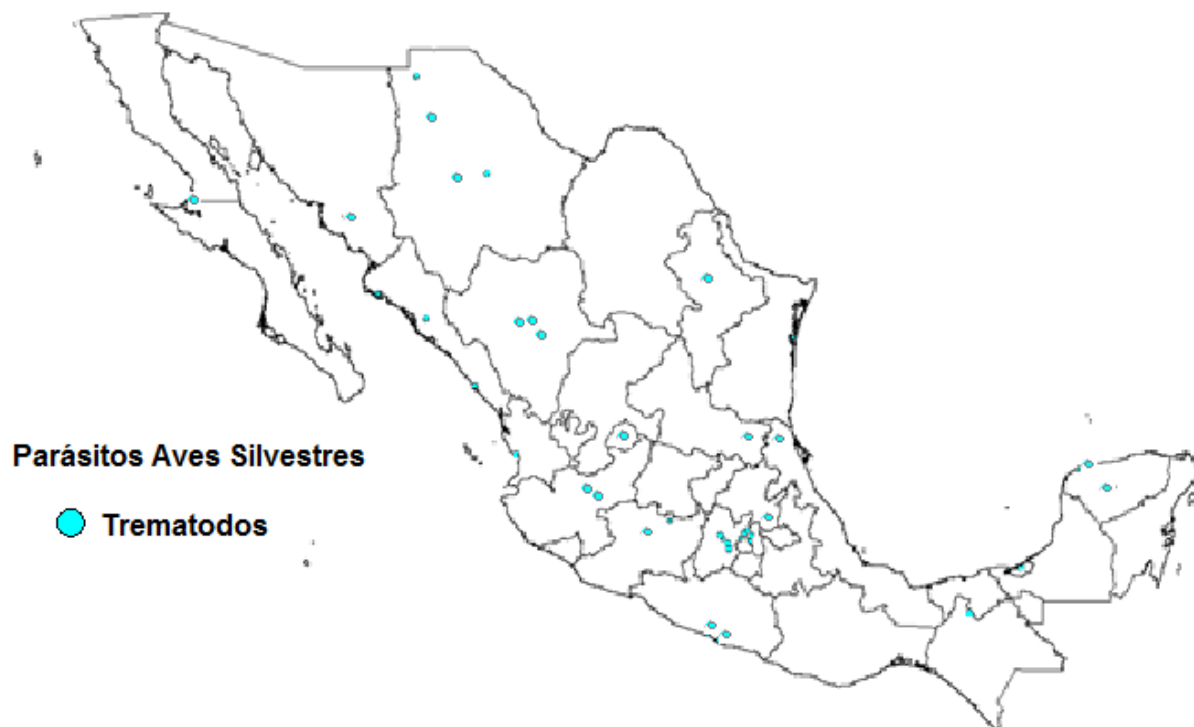
Figura 7. Ocurrencias de cestodos en aves silvestres en México del año 1990-2017.



Figura 8. Ocurrencias de protozoarios en aves silvestres en México del año 1990 al 2017.



Figura 9. Ocurrencias de trematodos en aves silvestres en México del año 1990 al 2017.



ANEXO MAPAS DE PROYECCIONES AL 2050

Proyecciones y ajustes del modelo de la distribución espacial de Acantocefalos en el año 2050 en México

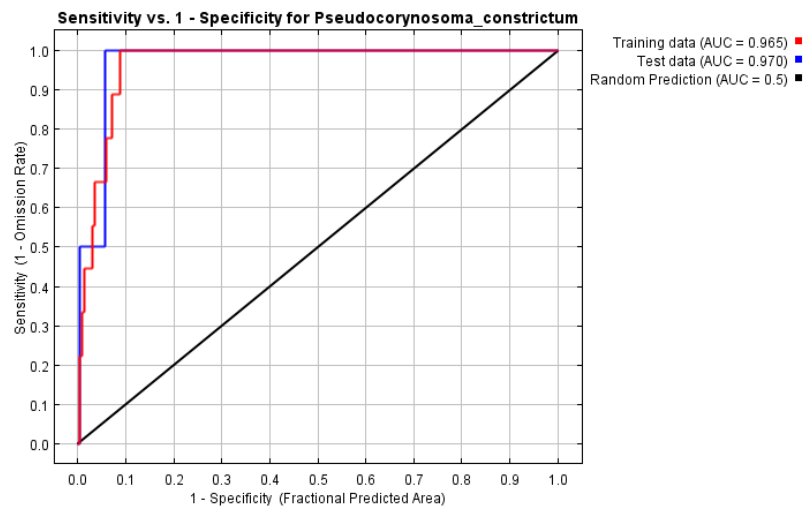
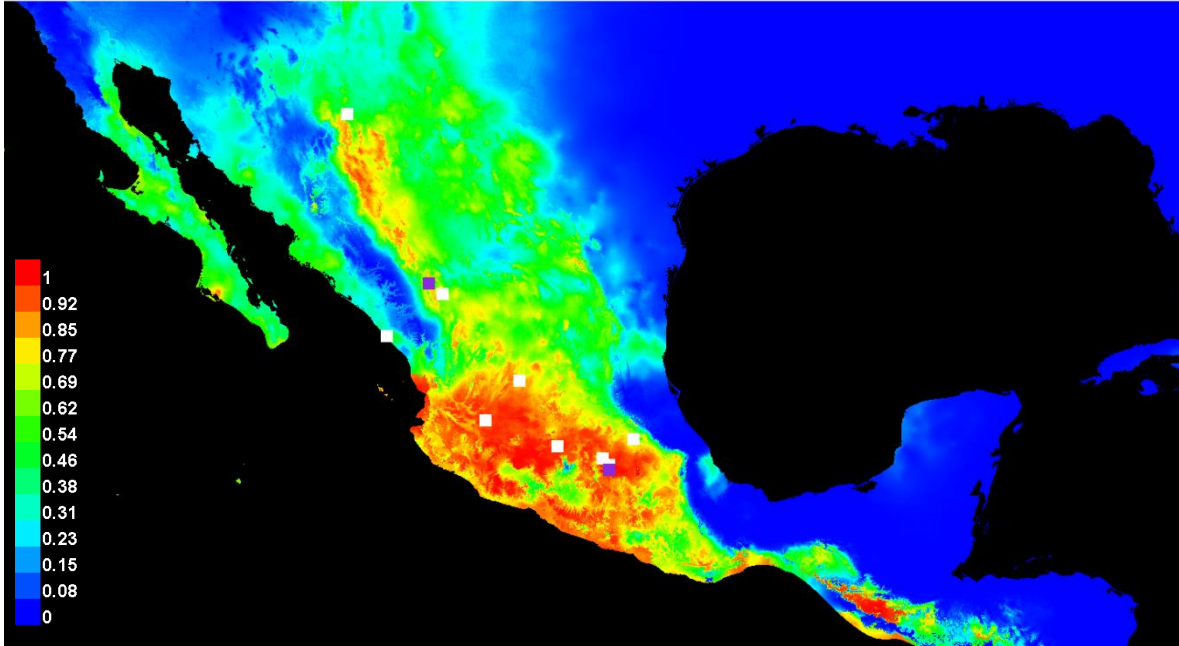


Figura 10. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Pseudocorynosoma constrictum* en el año 2050 en México.

Proyecciones y ajustes del modelo de la distribución espacial de Artropodos en el año 2050 en México

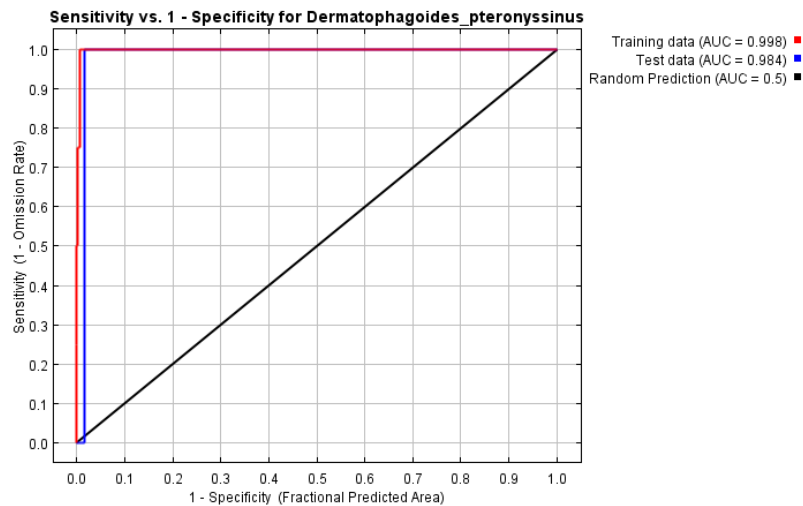
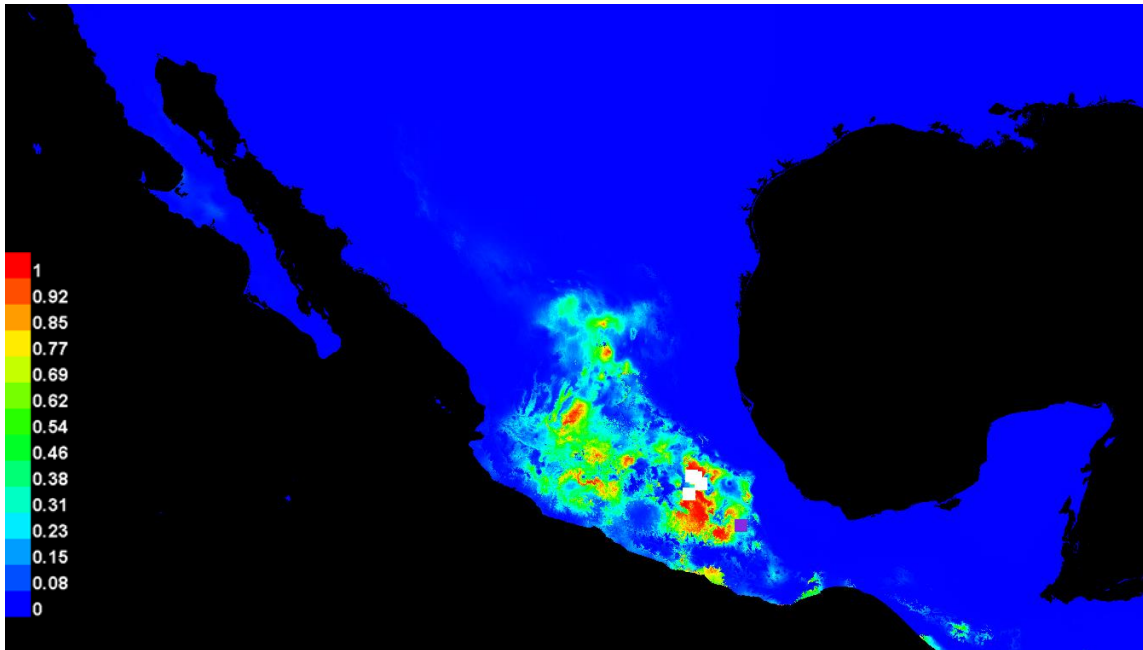


Figura 11. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Dermatophagoides pteronyssinus* en el año 2050 en México.

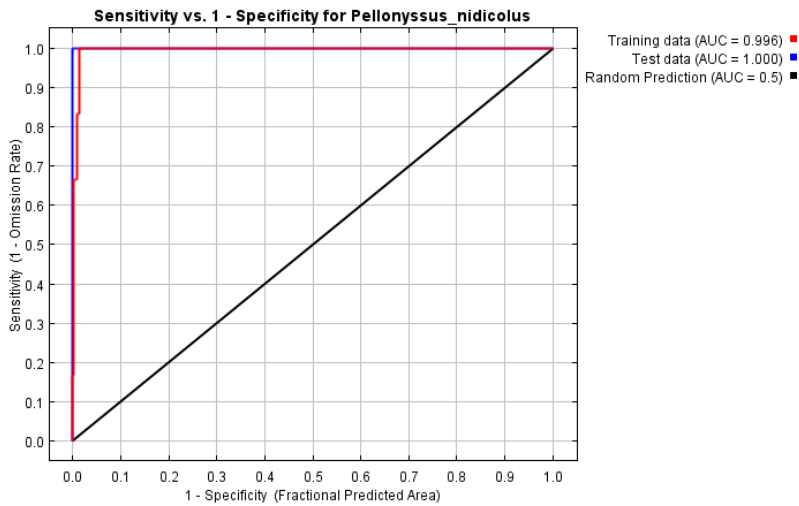
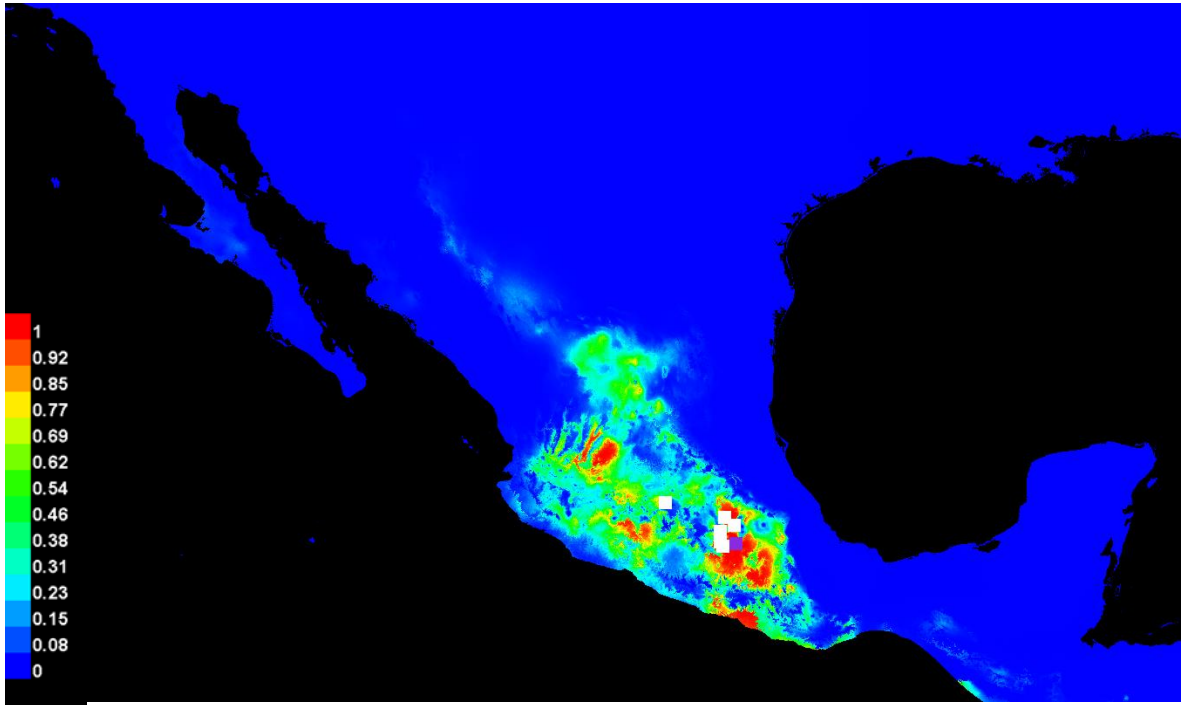


Figura 12. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Pellonyssus nidicolus* en el año 2050 en México.

Proyecciones y ajustes del modelo de la distribución espacial de Trematodos en el año 2050 en México.

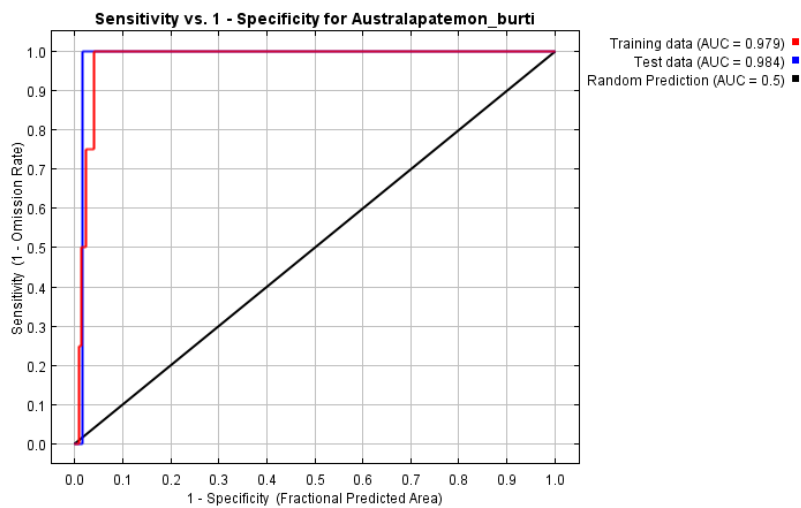
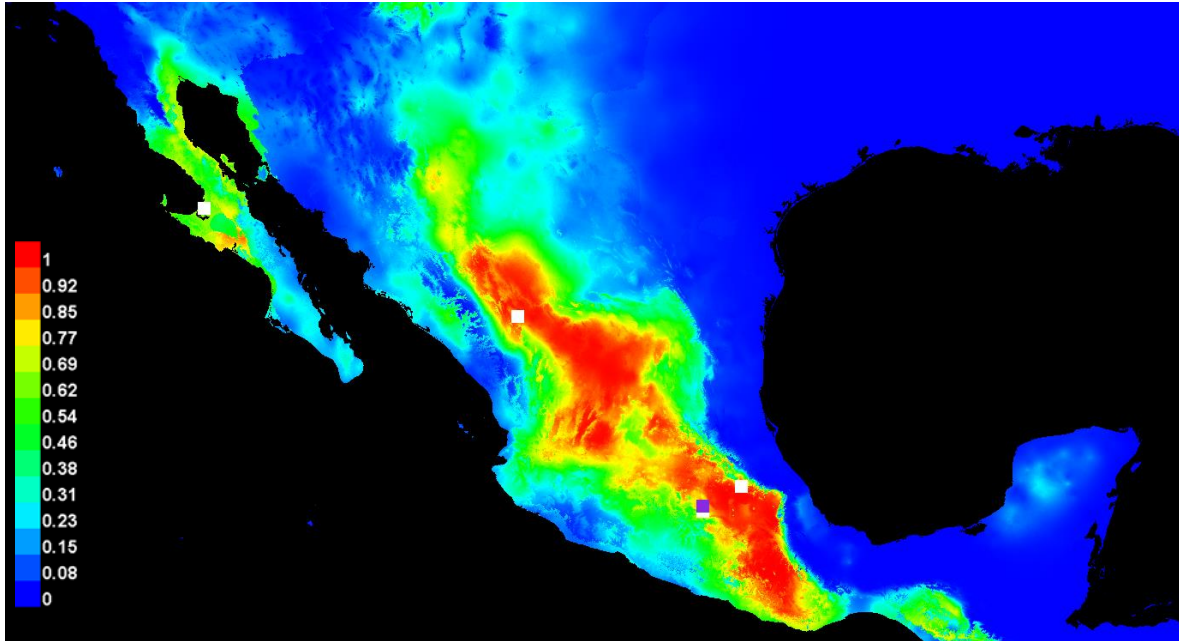


Figura 13. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Australapatemon burti* en el año 2050 en México.

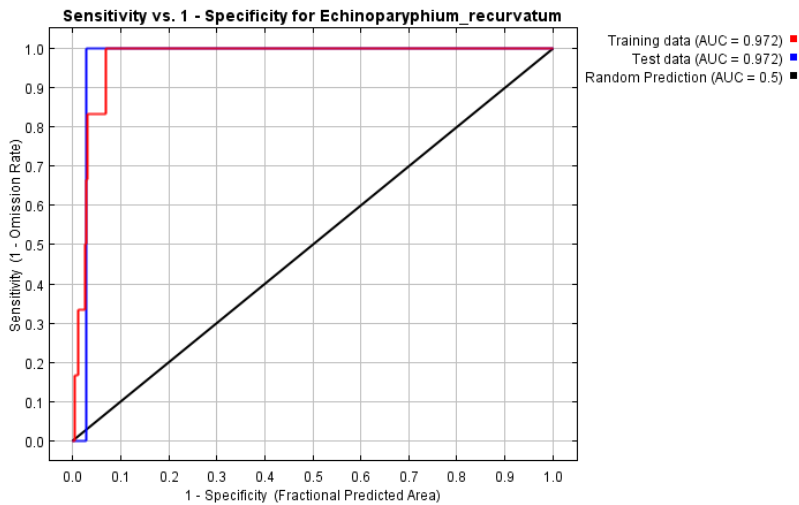
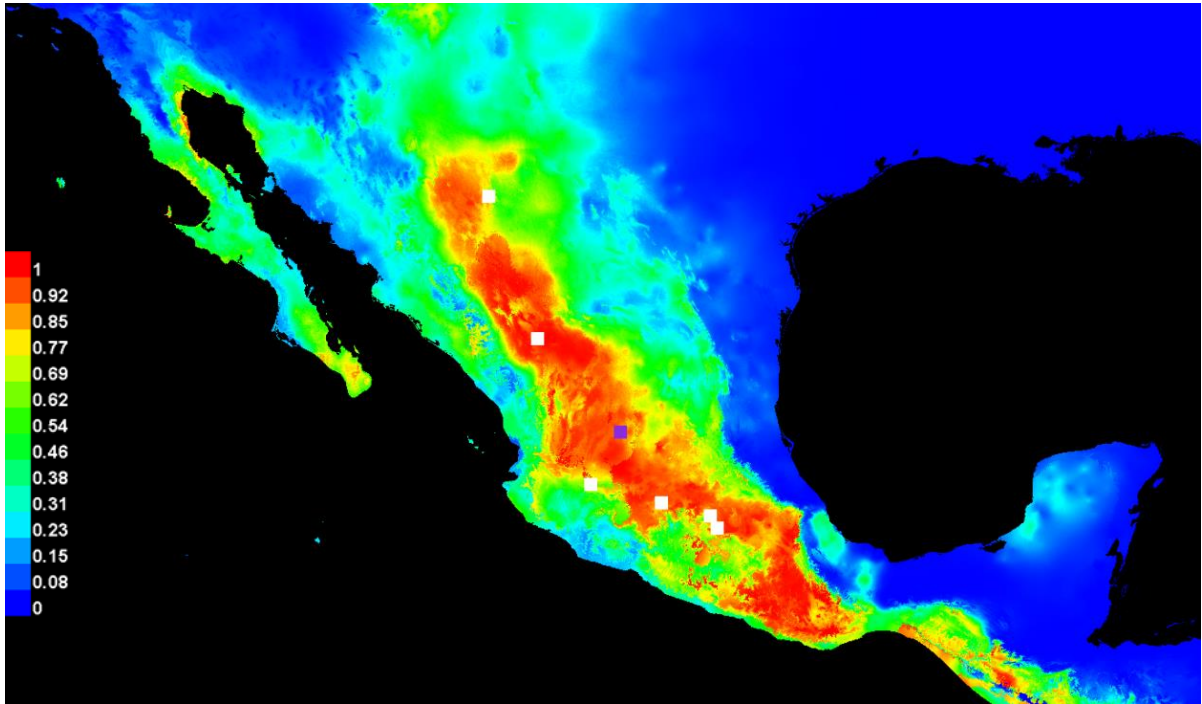


Figura 14. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Echinoparyphium recurvatum* en el año 2050 en México.

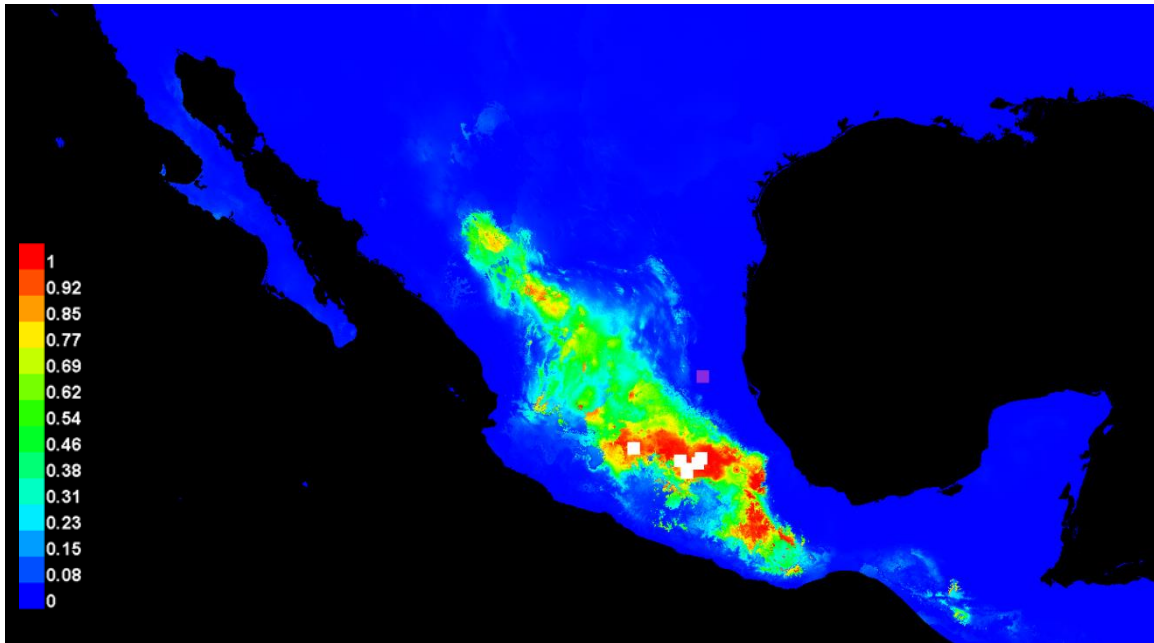


Figura 15. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Echinostoma revolutum* en el año 2050 en México.

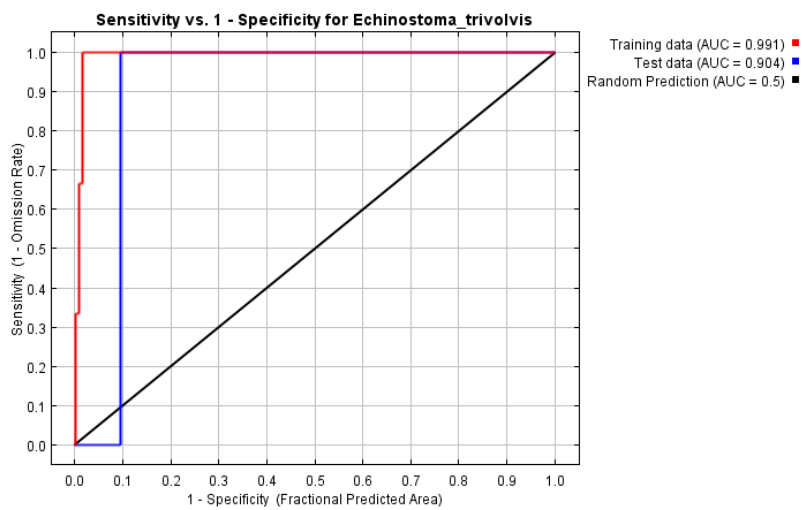
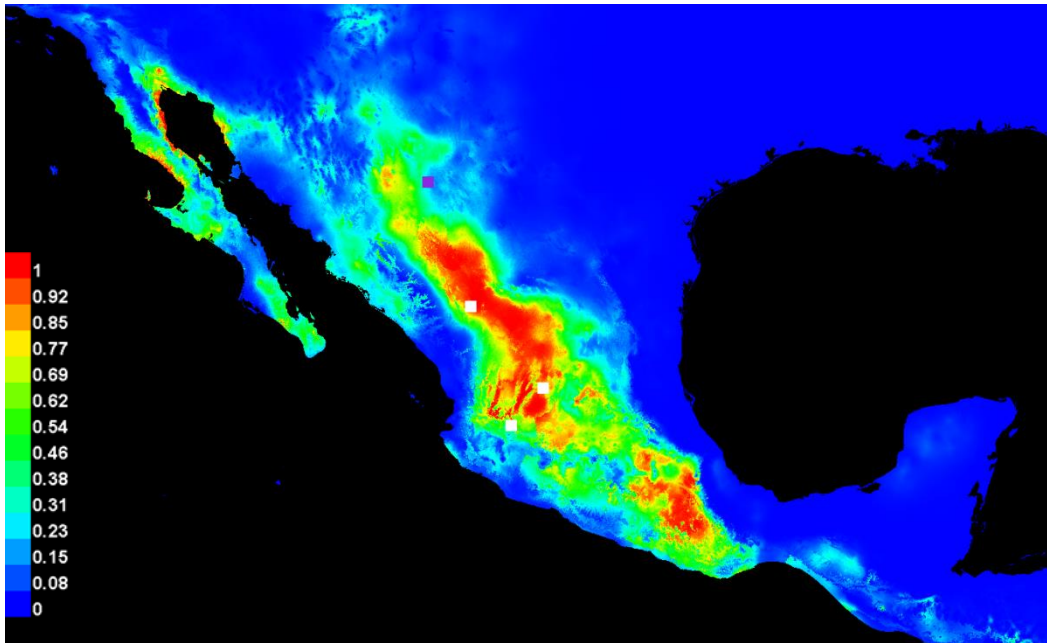


Figura 16. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Echinostoma trivolvis* en el año 2050 en México.

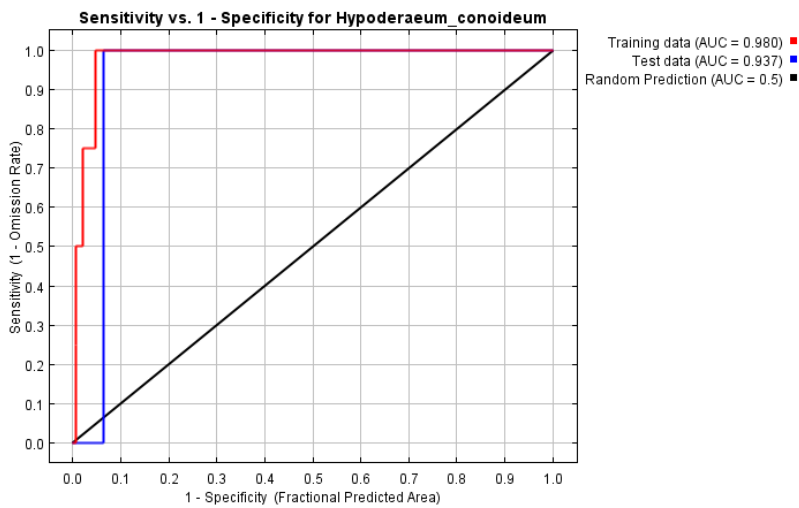
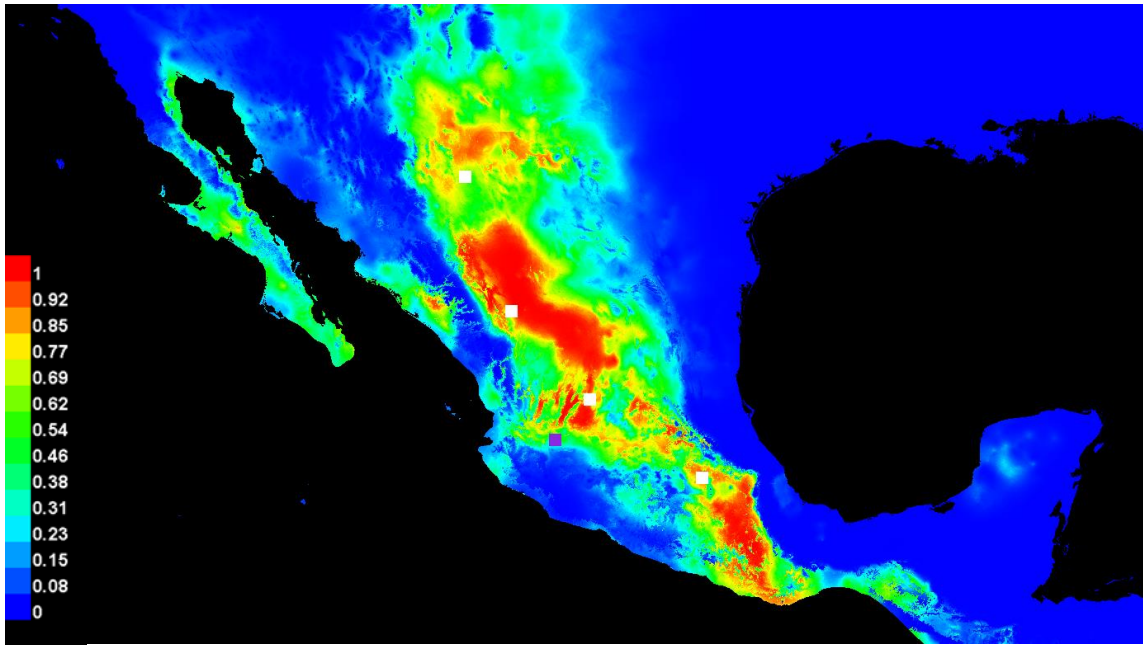


Figura 17. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Hypoderaeum conoideum* en el año 2050 en México.

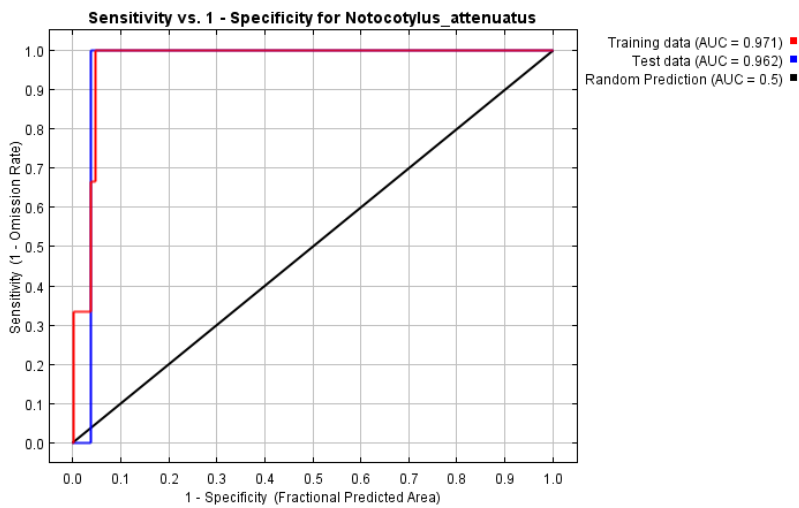
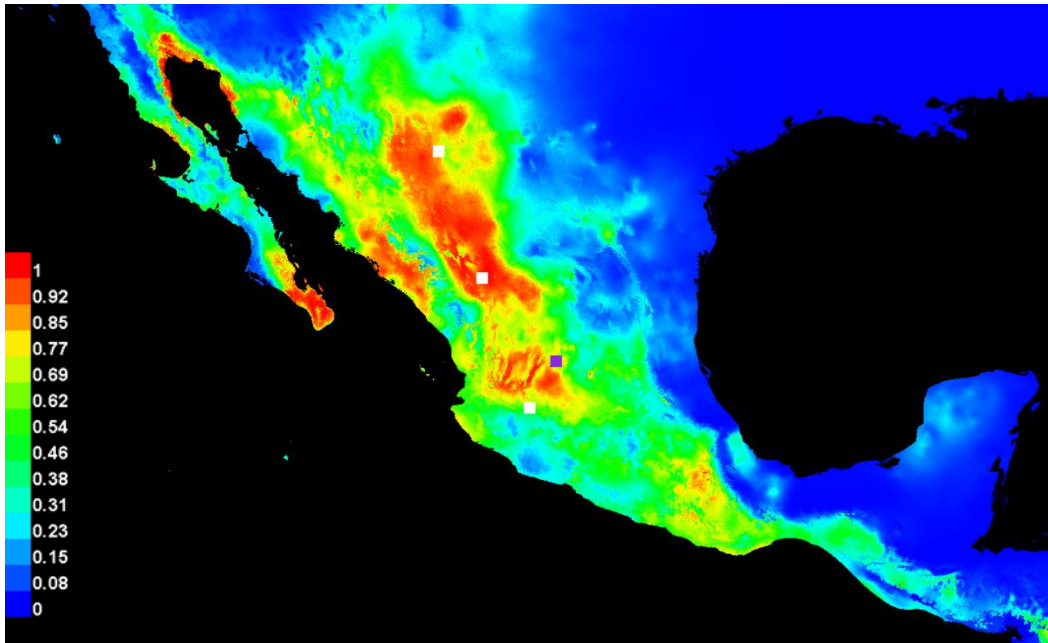


Figura 18. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Notocotylus attenuatus* en el año 2050 en México.

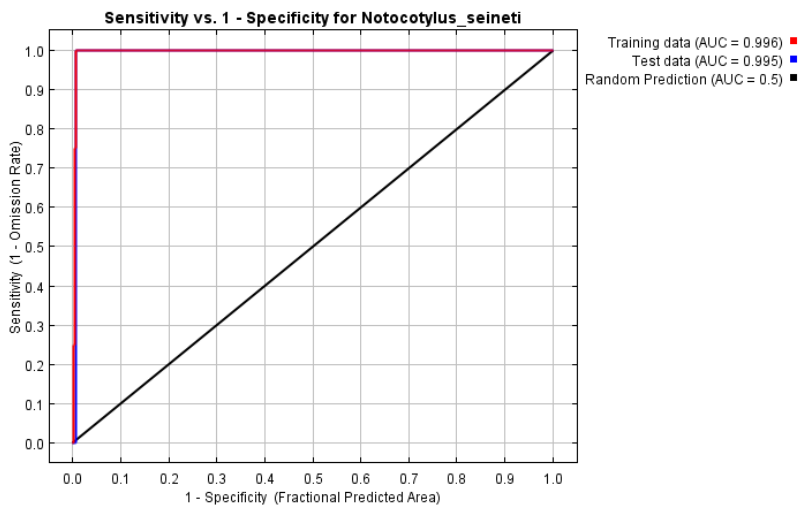
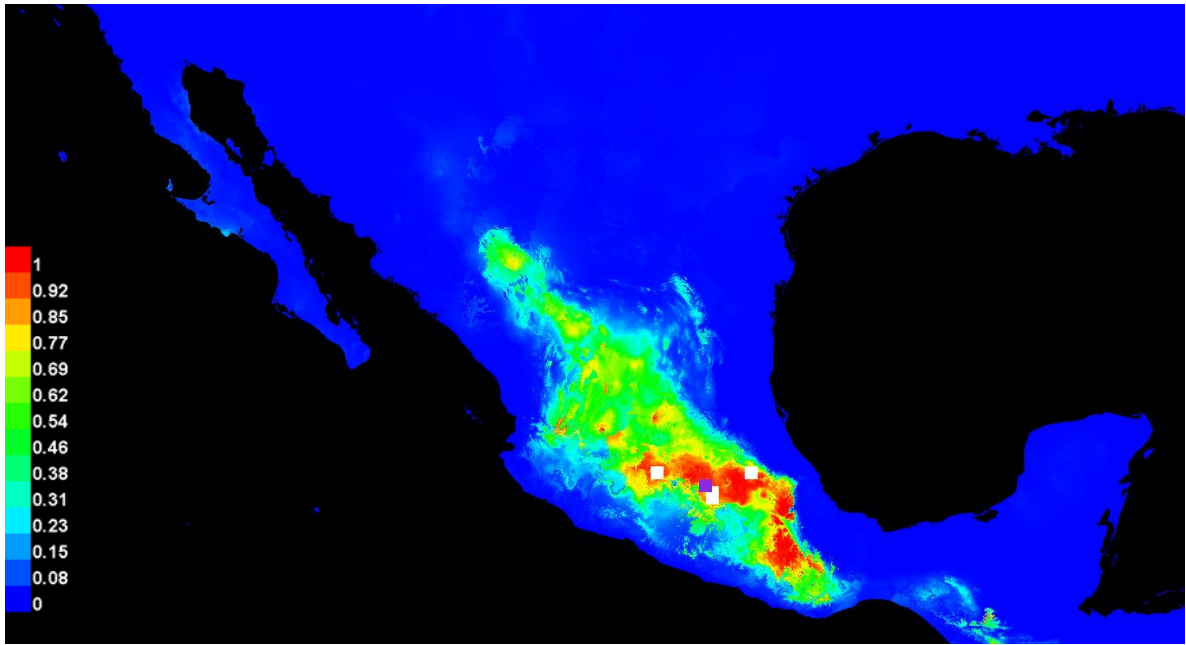


Figura 19. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Notocotylus seineti* en el año 2050 en México.

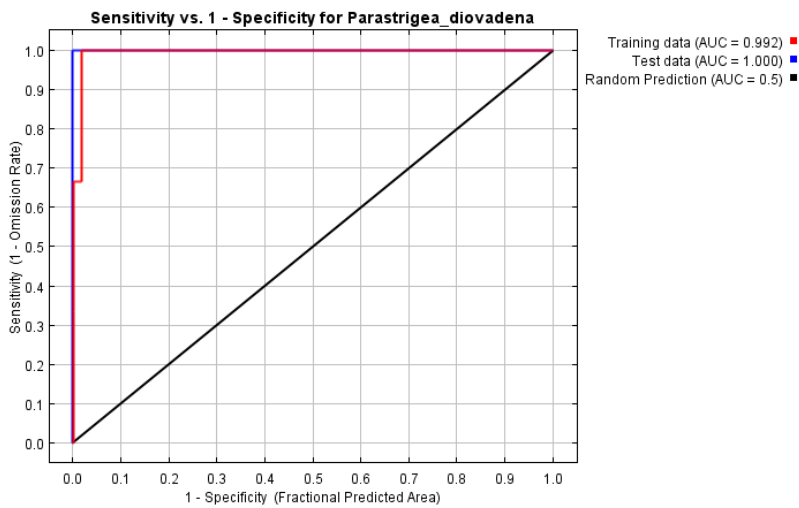
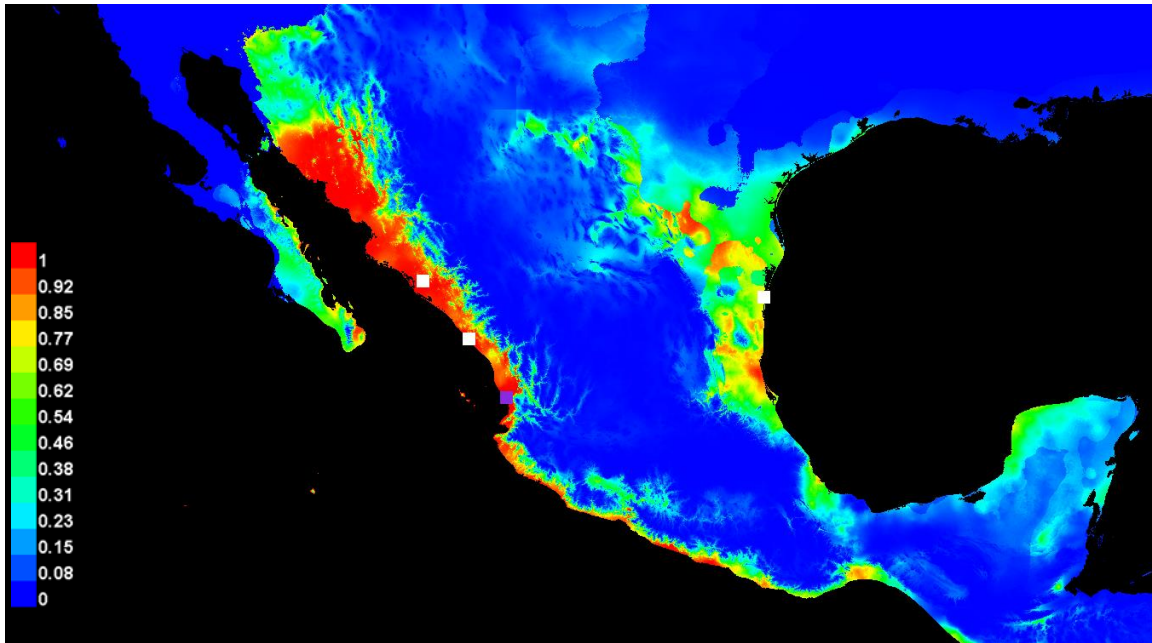


Figura 20. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Parastrigea diovadena* en el año 2050 en México.

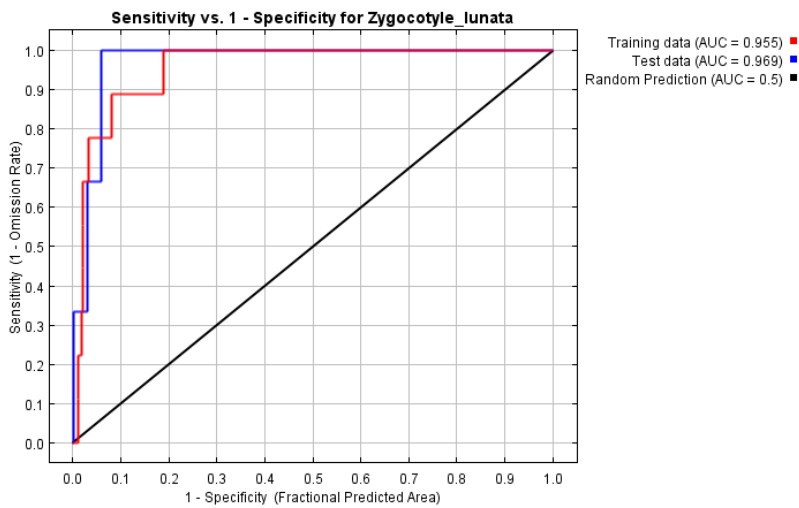
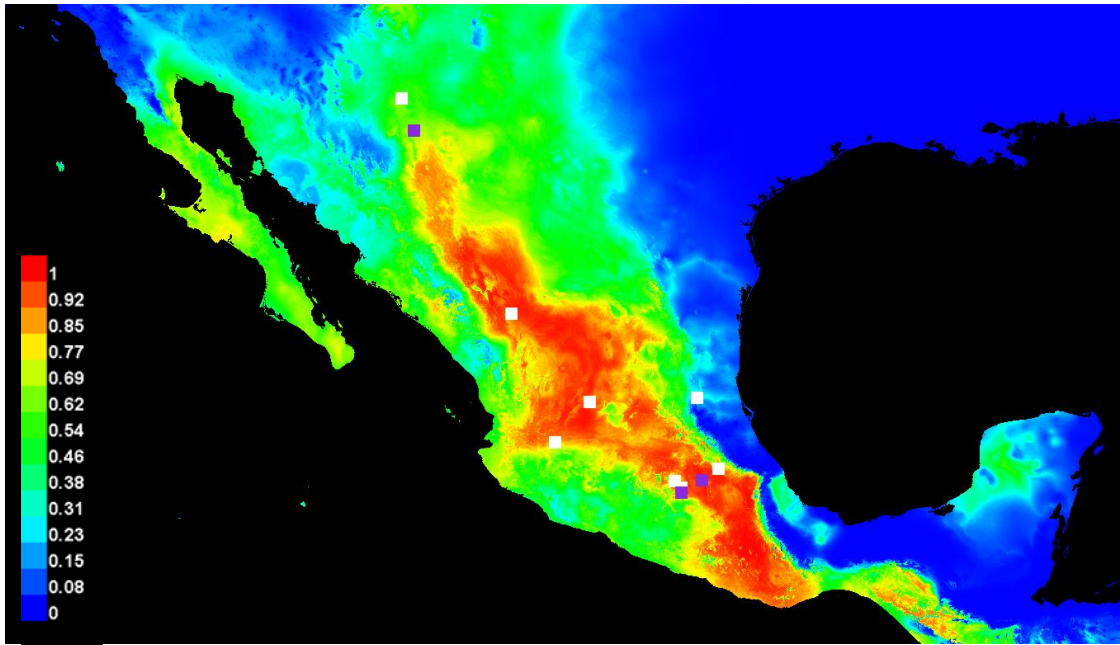


Figura 21. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Zygodontia lunata* en el año 2050 en México.

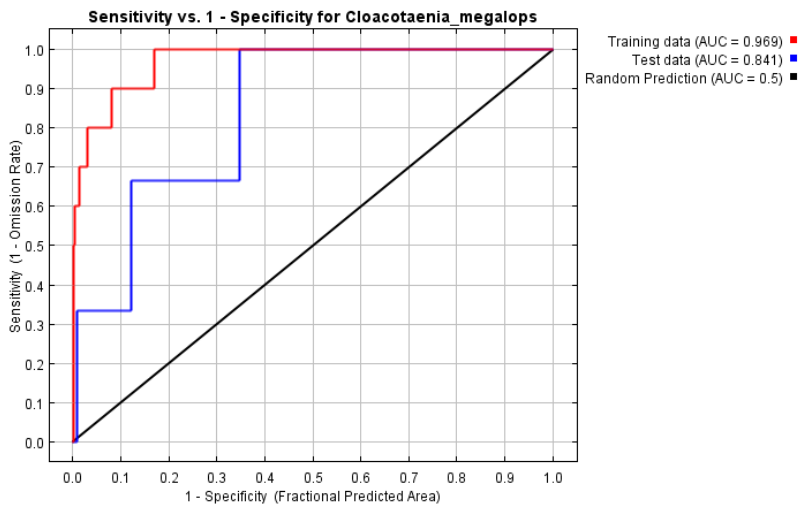
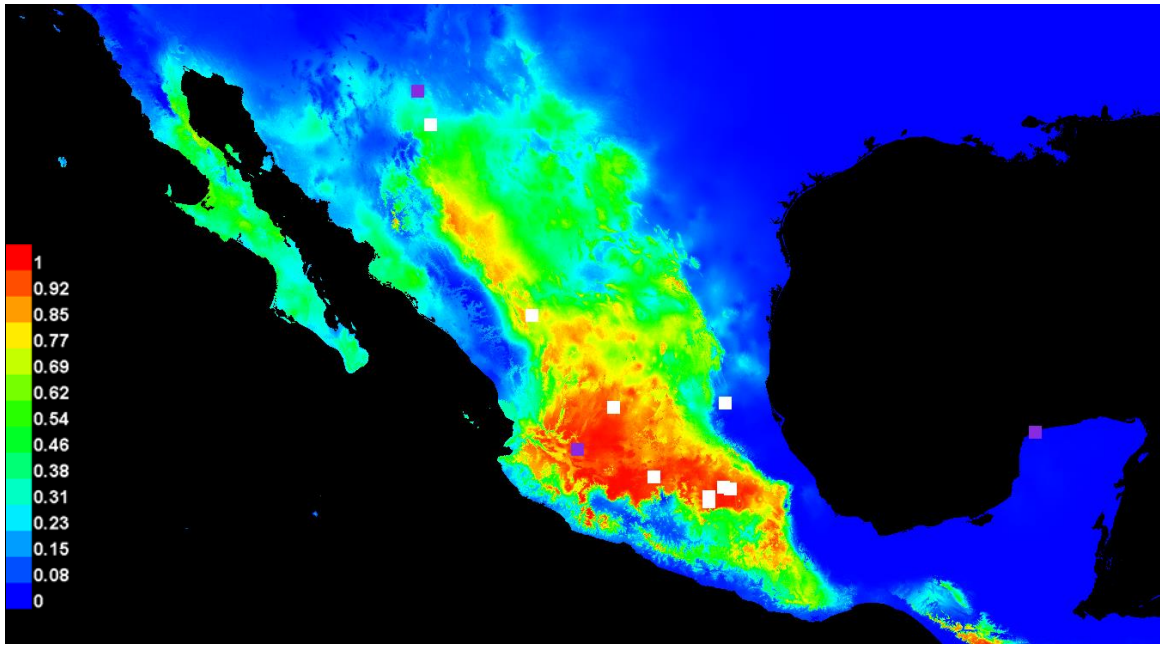


Figura 22. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Cloacotaenia megalops* en el año 2050 en México.

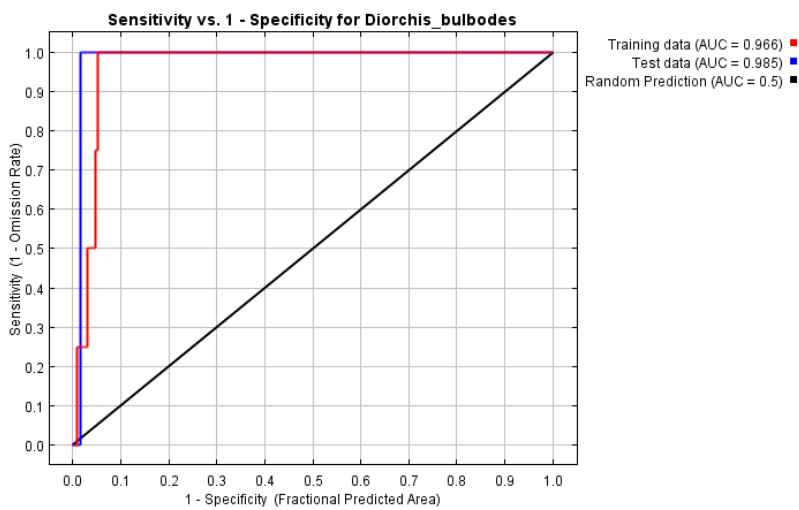
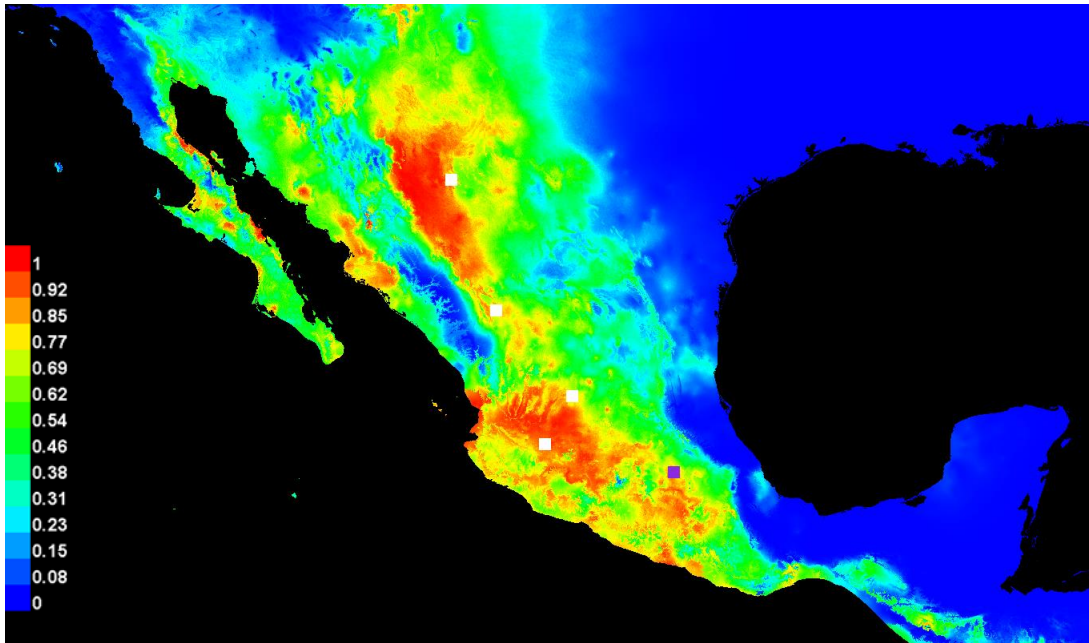


Figura 23. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Diorchis bulbodes* en el año 2050 en México

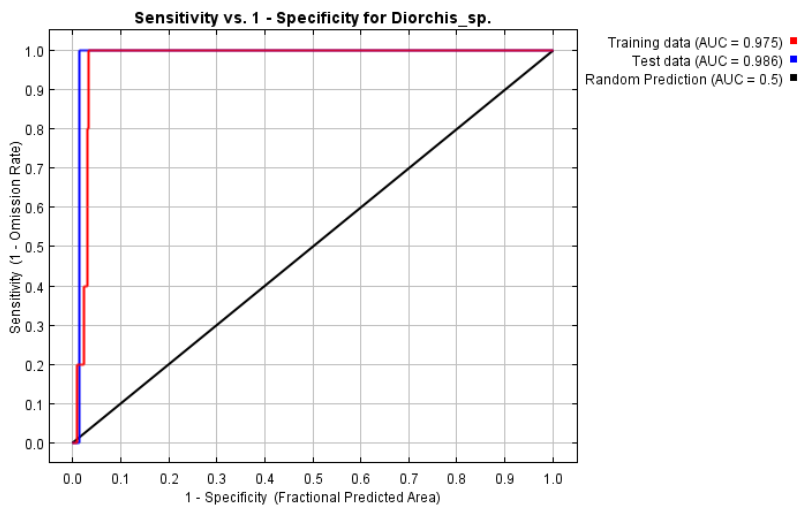
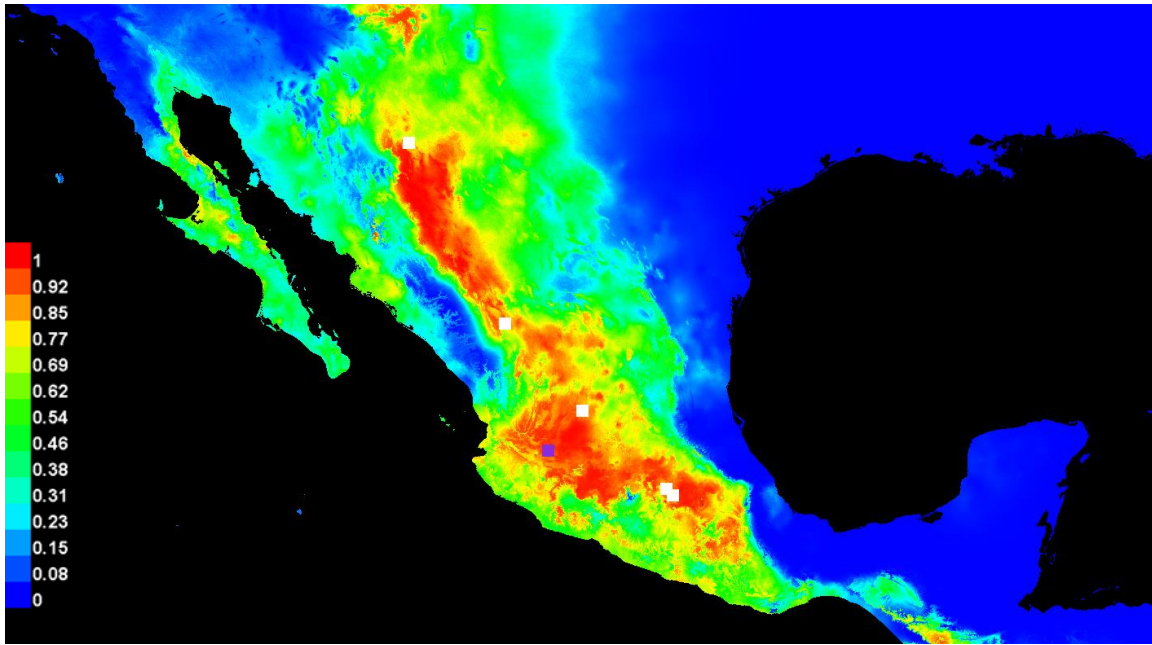


Figura 24. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Diorchis* spp en el año 2050 en México.

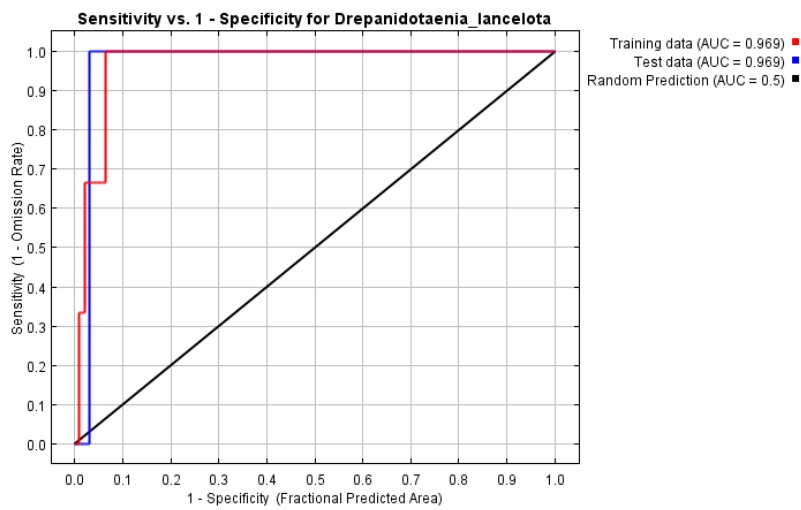
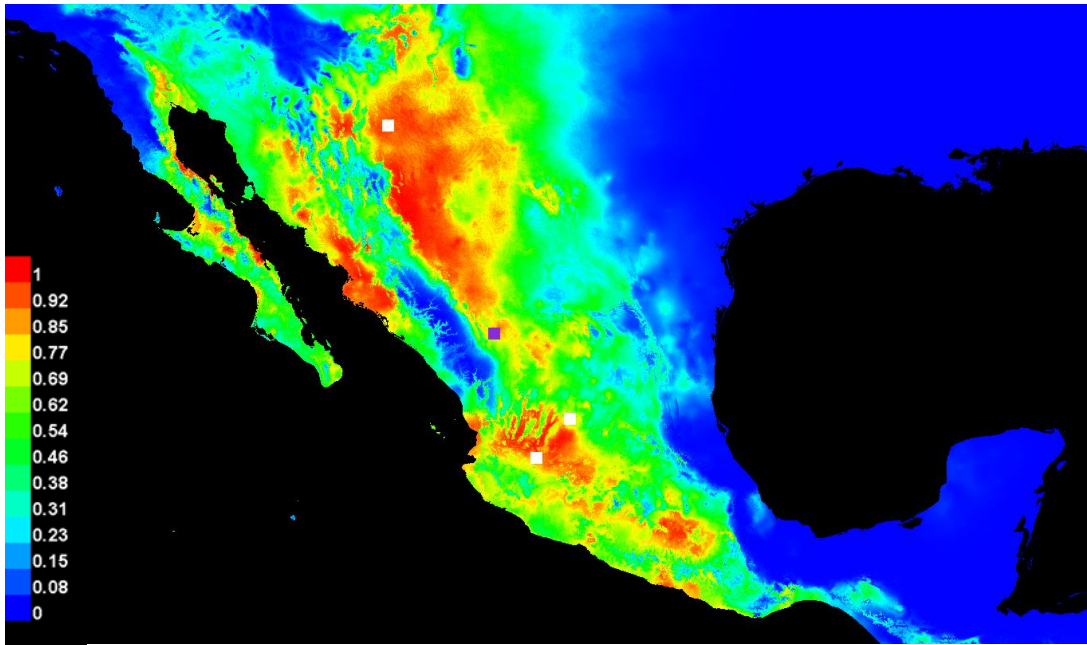


Figura 25. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Drepanidotaenia lanceolata* en el año 2050 en México.

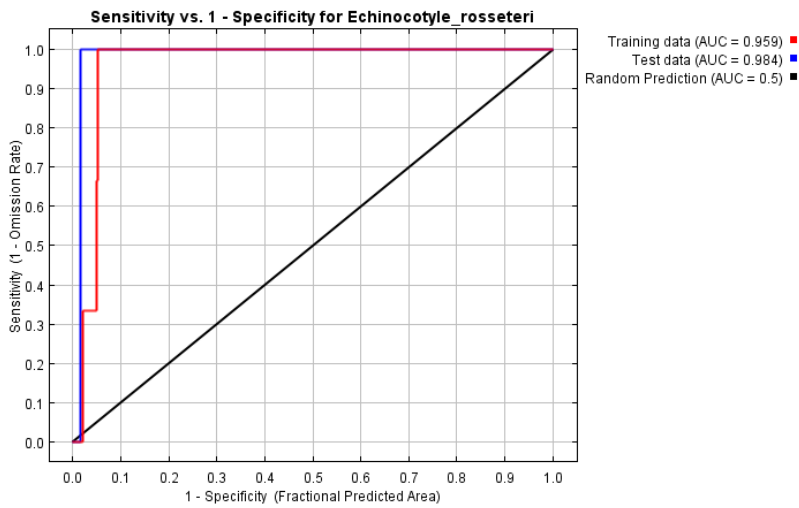
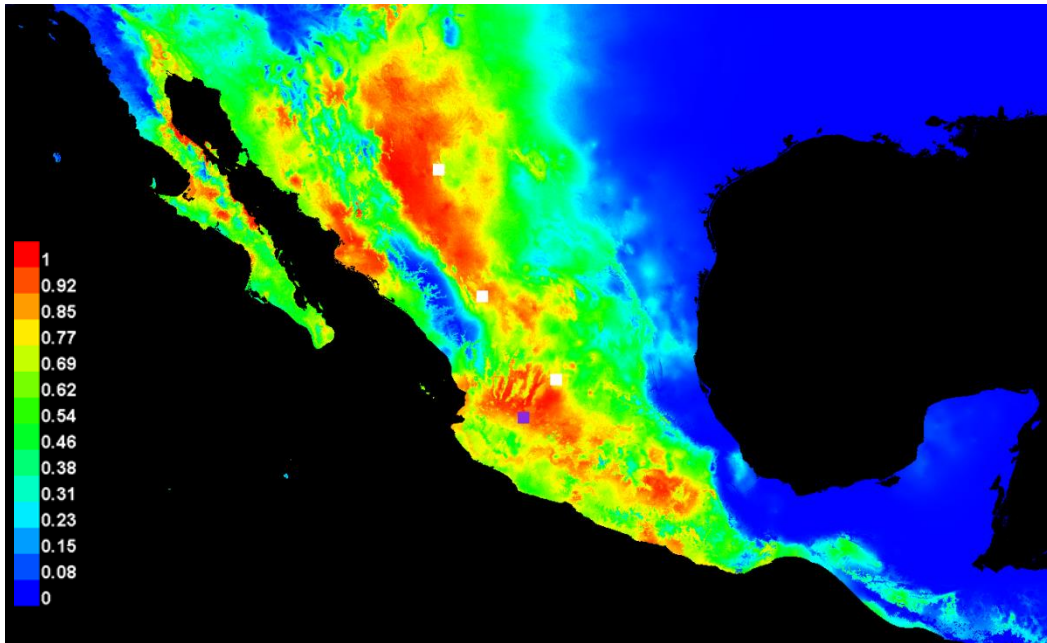


Figura 26. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Echinocotyle rosseteri* en el año 2050 en México.

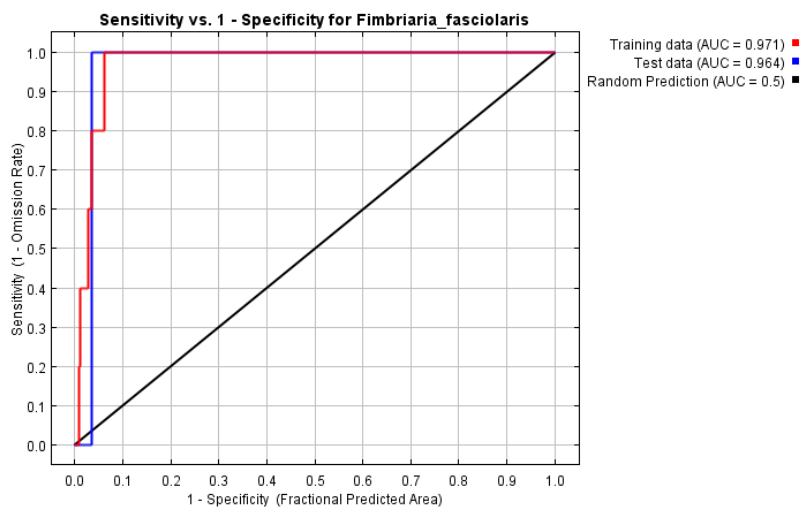
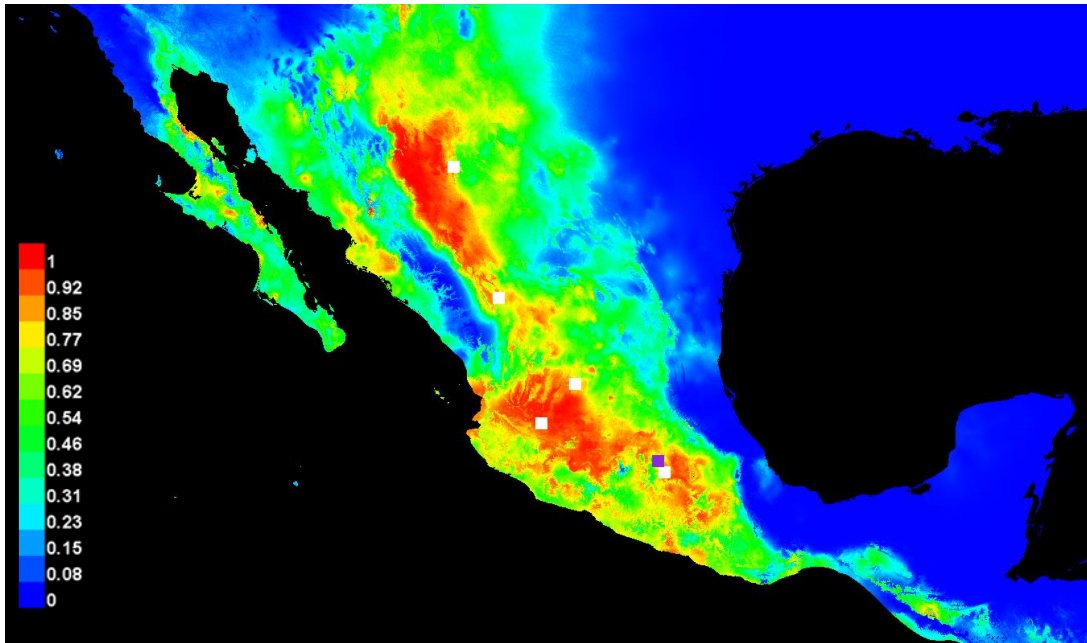


Figura 27. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Fimbralaria fasciolaris* en el año 2050 en México.

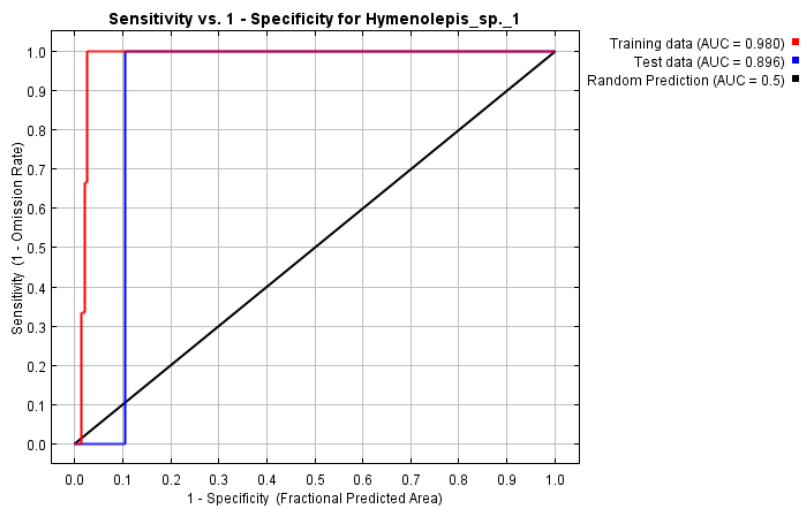
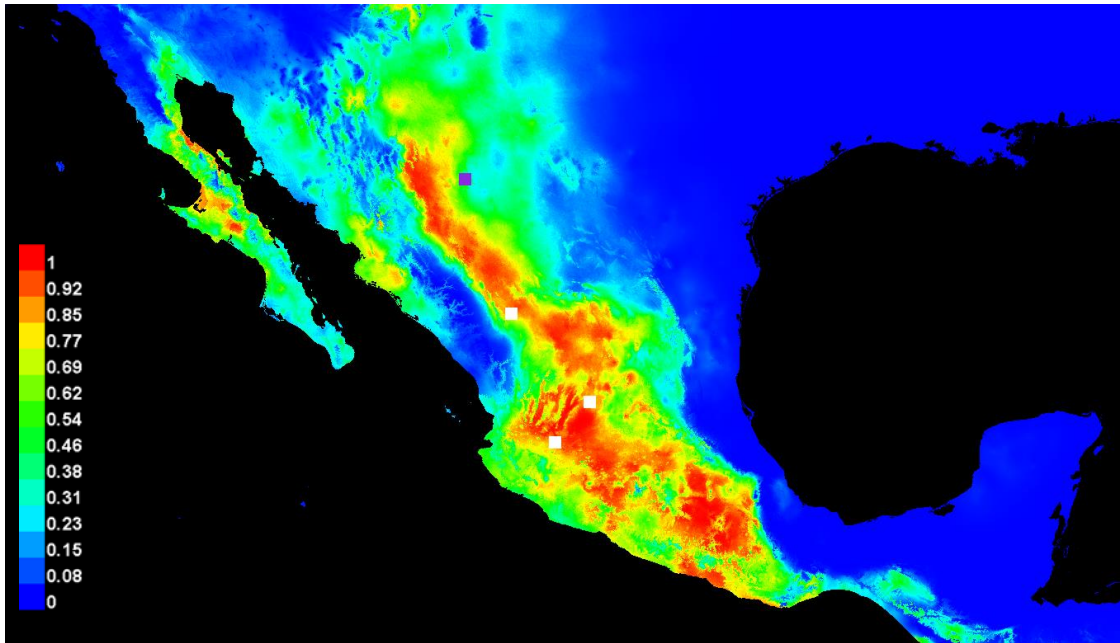


Figura 28. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Hymenolepis* spp. en el año 2050 en México.

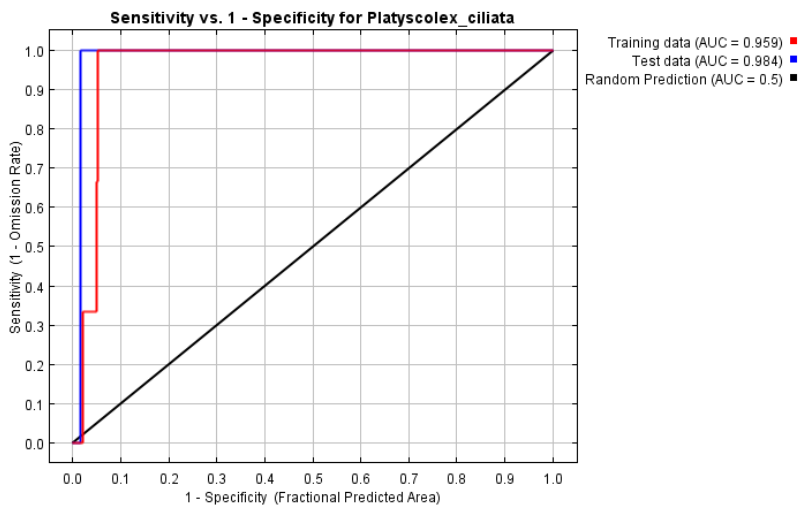
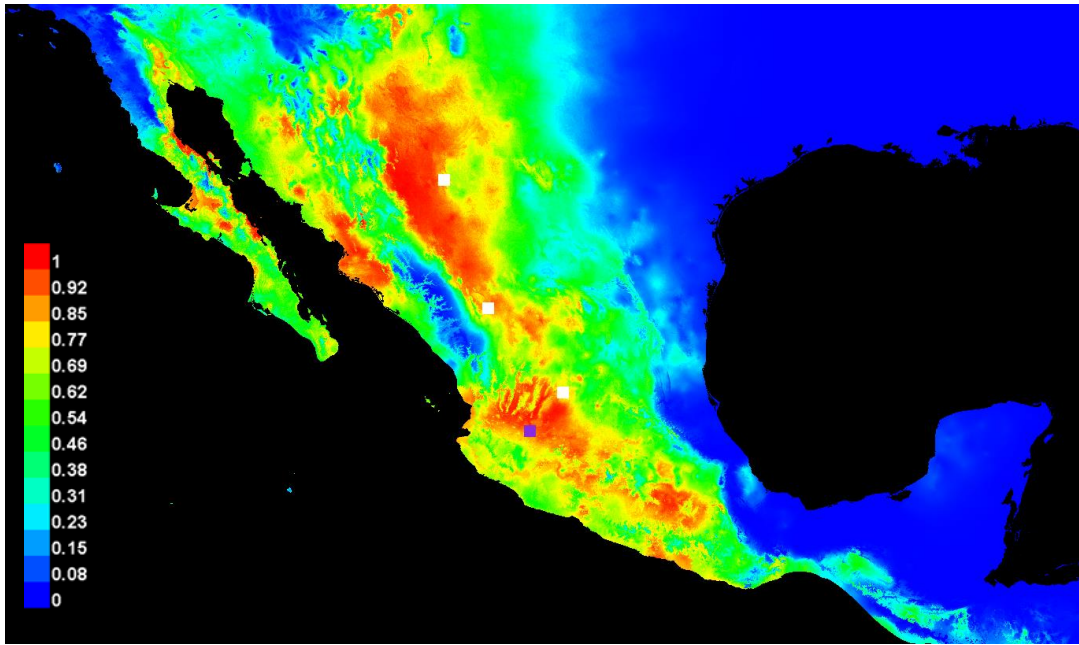


Figura 29. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Platyscolex ciliata* en el año 2050 en México.

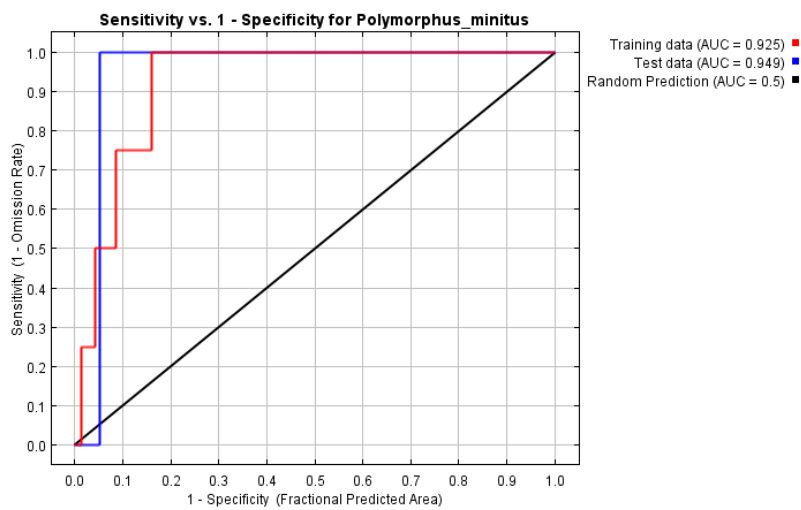
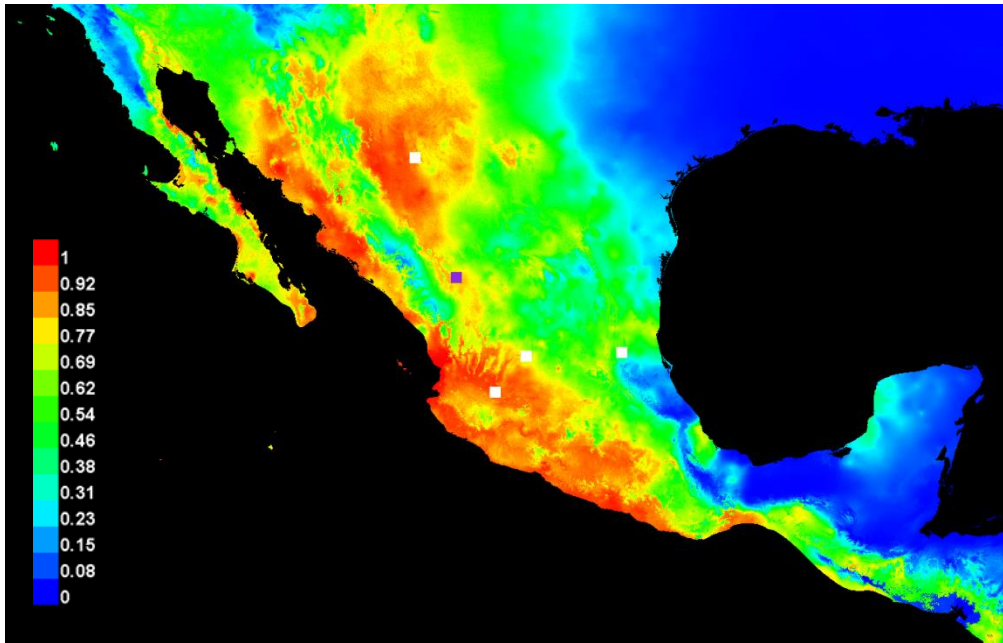


Figura 30. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Polymorphus minutus* en el año 2050 en México.

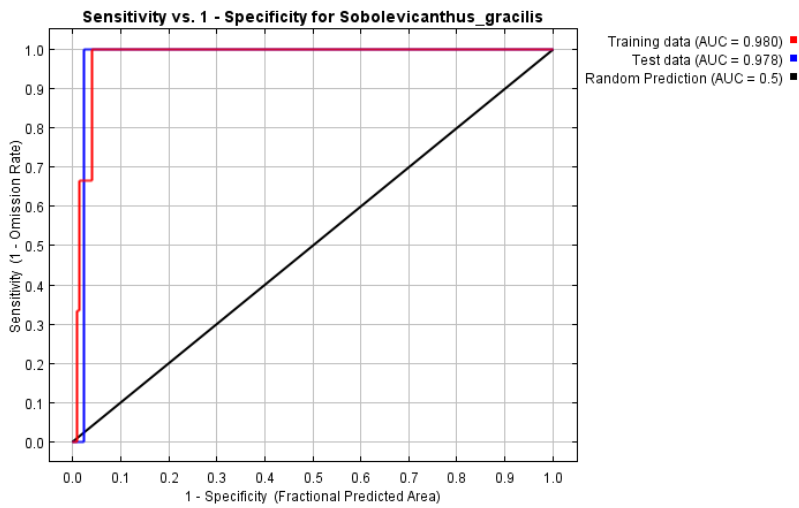
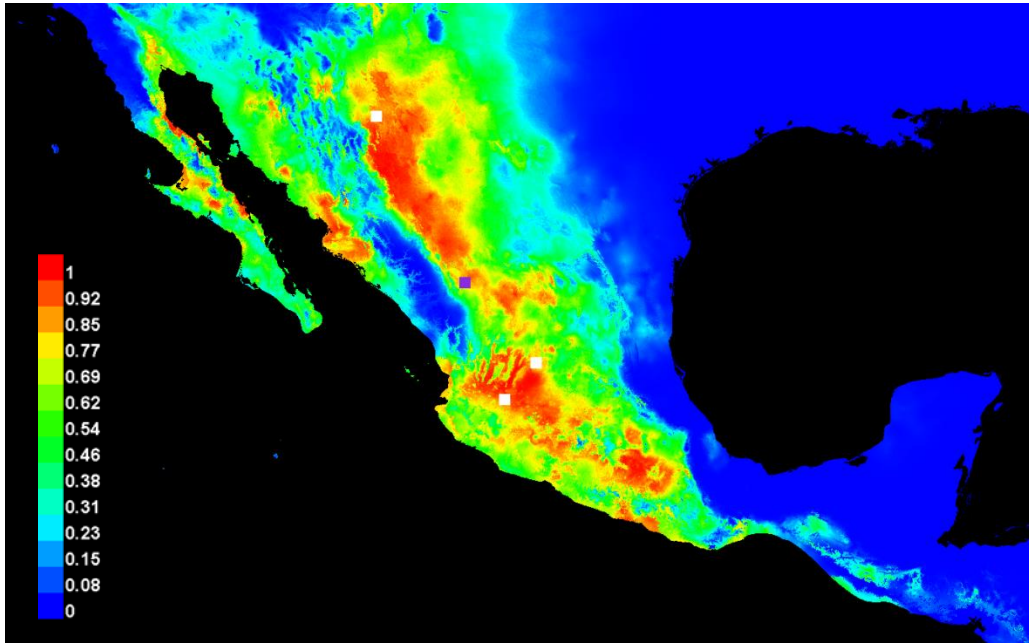


Figura 31. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Sobolevicanthus gracilis* en el año 2050 en México.

Proyecciones y ajustes del modelo de la distribución espacial de Protozoarios en aves de traspatio el año 2050 en México.

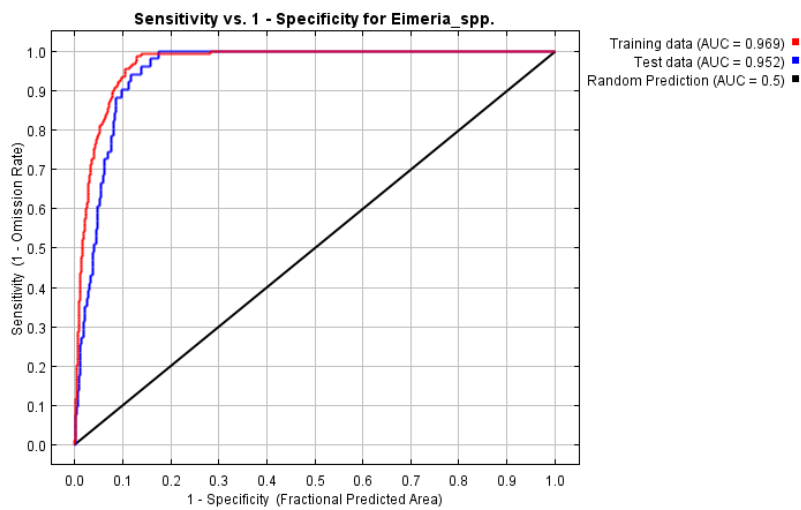
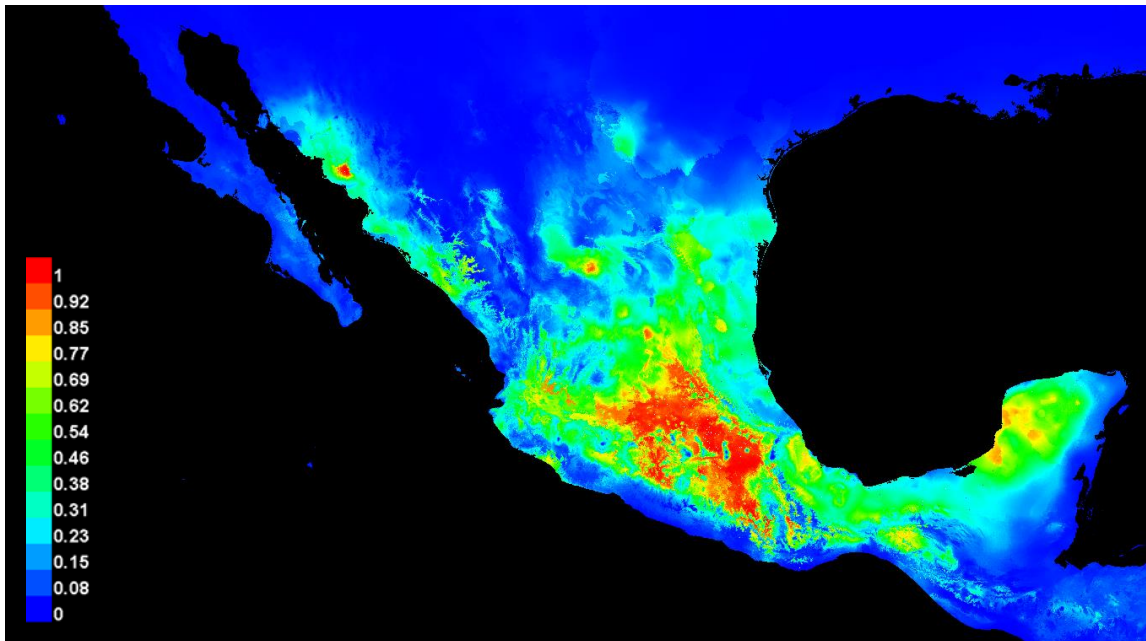


Figura 32. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Eimeria* spp. en aves de traspatio el año 2050 en México.

Proyecciones y ajustes del modelo de la distribución espacial de Nematodos de aves en el año 2050 en México.

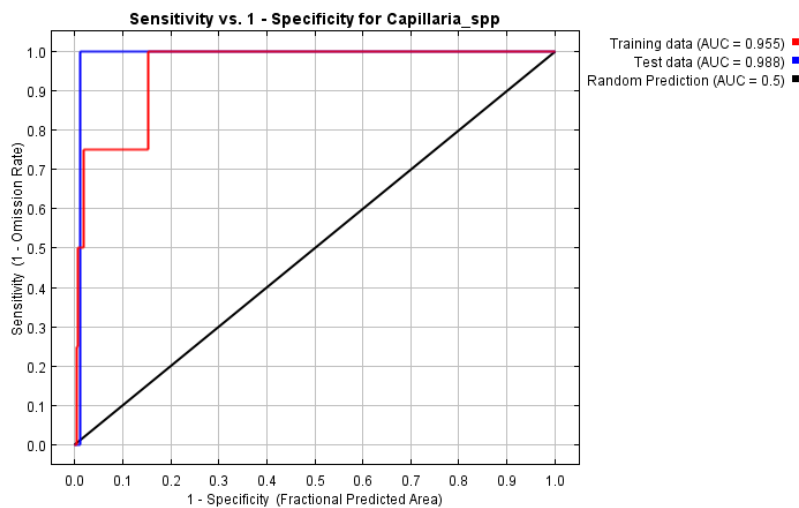
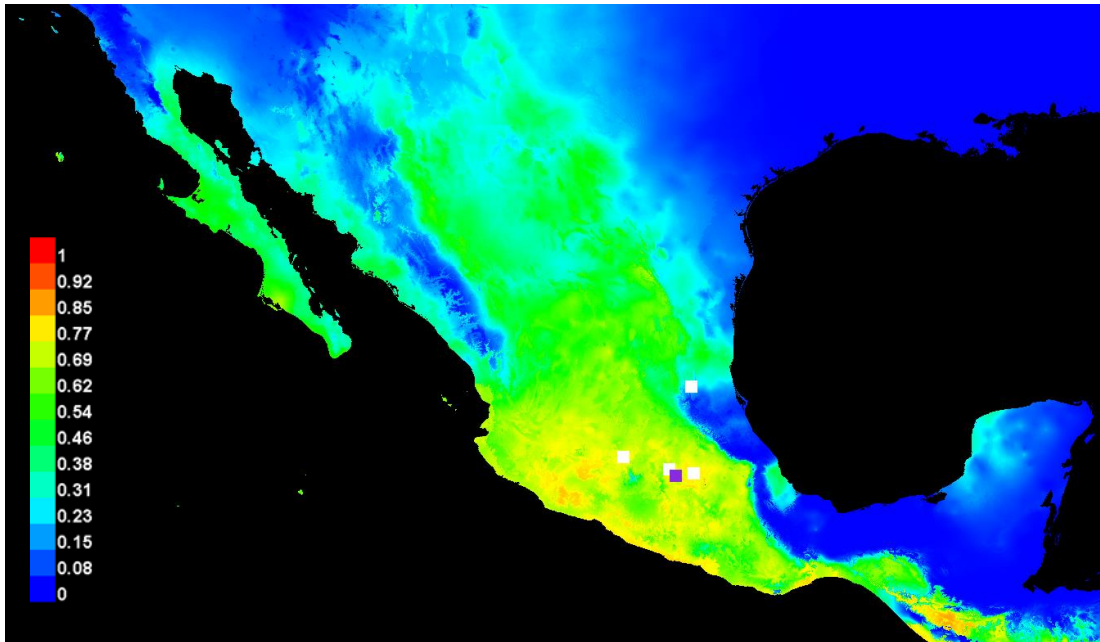


Figura 33. Proyección y ajuste del modelo de la distribución espacial de *Capillaria* spp. en el año 2050 en México.