

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN, BIOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE CINCO  
ESPECIES EXÓTICAS DE MILPIÉS PLANOS (DIPLOPODA: POLYDESMIDA:  
PARADOXOSOMATIDAE) PRESENTES EN NORTEAMÉRICA**

**POR**

**BIÓLOGO JUAN MANUEL DE LUNA GONZÁLEZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN MANEJO DE VIDA  
SILVESTRE Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

**DICIEMBRE, 2019**

**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN, BIOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN  
DE CINCO ESPECIES EXÓTICAS DE MILPIÉS PLANOS  
(DIPLOPODA: POLYDESMIDA: PARADOXOSOMATIDAE)  
PRESENTES EN NORTEAMÉRICA**

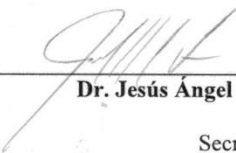
**Comité de Tesis**



---

**Dr. Carlos Solís Rojas**

Director de Tesis



---

**Dr. Jesús Ángel de León González**

Secretario



---

**Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaráz**  
Vocal I



---

**Dra. Susana Favela Lara**  
Vocal II



---

**Dr. Jorge Armando Verduzco Martínez**  
Vocal III

**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN, BIOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN  
DE CINCO ESPECIES EXÓTICAS DE MILPIÉS PLANOS  
(DIPLOPODA: POLYDESMIDA: PARADOXOSOMATIDAE)  
PRESENTES EN NORTEAMÉRICA**

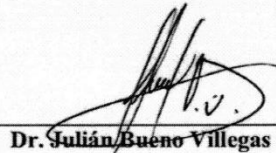
**Dirección de tesis**



---

**Dr. Carlos Solís Rojas**

Director de Tesis



---

**Dr. Julián Bueno Villegas**

Director externo

"Sometimes I am asked why I study animals so unimportant to human life and economy...  
There is one simple answer: every aspect of nature that interests the human mind is worthy  
of study whether or not it is of direct importance to man."

Peter Weygoldt 1969  
The Biology of Pseudoscorpions

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente al Departamento de Posgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León por proporcionarme de una beca durante los cuatro semestres que duró mi maestría, sin dicha, esto no habría sido posible puesto que no conté con un respaldo económico por parte de CONACYT.

A mi comité de tesis: el Dr. Carlos Solís Rojas que fungió como mi Director, el Dr. Julián Bueno Villegas que fungió como mi Director Externo, el Dr. Jesús Ángel de León González que fungió como secretario y el Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaráz, la Dra. Susana Favela Lara y el Dr. Jorge Armando Verduzco Martínez quienes fungieron como vocales.

Al Dr. Fabio Cupul Magaña por proporcionarme los registros del material biológico de interés de la colección de la Universidad de Guadalajara y su colección personal.

Al Dr. Julián Bueno Villegas por proporcionarme los registros del material biológico de interés de la Colección de Miriápodos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

A la M. en C. Griselda Montiel Parra por proporcionarme los registros del material biológico de interés de la Colección Nacional de Ácaros de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al M. en C. Sergio A. Luna por ayudarme con la elaboración de los mapas.

## DEDICATORIAS

A mi familia, especialmente a mi madre, Ma. Magdalena González Requenez quien me dio la vida y me crio para formarme como una persona de bien, a mis tías Elvia González Requenez, Delia González Requenez y Graciela González Requenez que siempre se han preocupado por mi bienestar, a mis otros tíos y tías, Armando, Arturo (Q.D.E.P.), Rubén, Rosa, Juana y Rosario y a mis primas Beatriz, Roble, Xitlali, Niranda y Kenia pues siempre han mostrado interés en mi bienestar.

A mis amistades que hice durante mi licenciatura y mi maestría, con especial mención al Biol. Miguel Á. Martínez Rodríguez, Biol. Alejandro Maeda Obregón, Biol. Gustavo A. Flores Lechuga, M. en C. Raymundo Vigil Leal, Biol. Víctor I. Estrada de la Garza, Biol. Daniel Montoya Ferrer, Biol. Silvino E. Hernández Cárdenas, Biol. Aline Witte de la Torre, Biol. Alejandro Huereca Delgado, M. en C. Miros. Coronado Ruiz e incontables más.

A mis colegas y ex-colegas del laboratorio, Biol. Ana L. de J. B. Millán, Biol. Brisia Torres Arredondo, Biol. Miguel A. Aguiñaga A. y a los asistentes del laboratorio. También de manera particular quiero agradecer a Roberto C. García Barrios quien es merecedor de mi mas grande aprecio, espero poder seguir trabajando y aprendiendo contigo en un futuro.

Al Dr. Carlos Solís Rojas, Dr. Julián Bueno Villegas, Dr. Gabino A. Rodríguez Almaráz, Dr. Fabio G. Cupul Magaña, Dr. Jesús Á. de León González, Dra. Petra Sierwald, M. en C. Victor M. Ortega Vidales, M. en C. Gerardo Guajardo Martínez, Dra. Susana Favela Lara, Dr. David Lazcano Villareal, Dr. J. Manuel Mata Balderas, Dr. Rowland Shelley (Q.D.E.P.), Dr. J. Armando Verduzco Martínez, Dr. Carlos "Aztekium" Velasco, Dr. Humberto Quiroz Martínez y la Programadora Alexandra Asanovna Elbakyan quienes me han inspirado, servido de apoyo o ambos.

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	01
2	ANTECEDENTES.....	03
2.1	Historia taxonómica de la familia Paradoxosomatidae.....	03
2.2	Familia Paradoxosomatidae Daday, 1889.....	04
2.2.1	Subfamilia Australiosomatinae Brölemann, 1916.....	04
2.2.1.1	<i>Akamptogonus novarae</i> (Humbert y DeSaussure, 1896).....	04
2.2.2	Subfamilia Paradoxosomatinae Daday, 1889.....	05
2.2.2.1	<i>Chondromorpha xanthotricha</i> (Attems, 1898).....	05
2.2.2.2	<i>Helicorthomorpha holstii</i> (Pocock, 1895).....	05
2.2.2.3	<i>Asiomorpha coarctata</i> (DeSaussure, 1860).....	06
2.2.2.4	<i>Oxidus gracilis</i> (C.L. Koch, 1847).....	06
2.3	Dieta.....	07
2.4	Comportamiento.....	07
2.5	Toxicidad.....	07
2.6	Parásitos y patógenos.....	08
2.7	Resistencia a condiciones climáticas adversas.....	08
2.8	Reproducción.....	08
3	JUSTIFICACIÓN.....	09
4	HIPÓTESIS.....	10
5	OBJETIVO DEL TRABAJO.....	11
6	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
6.1	Área de estudio - Norteamérica continental.....	12
6.2	Metodología para la revisión de los ejemplares en colecciones.....	12
6.3	Análisis de modelado de nicho.....	13
6.4	Análisis estadístico.....	18
7	RESULTADOS.....	19
7.1	Identificación de los taxones.....	19
7.2	Modelos de nicho ecológico por especie.....	20

7.2.1	<i>Akamptogonus novarae</i> (Humbert y DeSausure, 1896).....	20
7.2.2	<i>Asiomorpha coarctata</i> (DeSausure, 1860).....	28
7.2.3	<i>Chondromorpha xanthotricha</i> (Attems, 1898).....	38
7.2.4	<i>Helicorthomorpha holstii</i> (Pococok, 1895).....	47
7.2.5	<i>Oxidus gracilis</i> (C.L. Koch, 1847).....	55
7.3	Datos biológicos.....	69
7.3.1	Conducta gregaria.....	69
7.3.2	Eventos de depredación.....	70
8	DISCUSIÓN.....	74
9	CONCLUSIONES.....	80
10	PERSPECTIVAS.....	81
11	BIBLIOGRAFÍA.....	82
12	RESUMEN BIOGRÁFICO.....	89
13	ANEXOS.....	90



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Registros usados.....	014
<b>Tabla 2</b>	Variables bioclimáticas.....	017

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Cuenca de los gonópodos del ♂ de un milpiés plano de la familia Paradoxosomatidae.....	4
Figura 2	Metazonito de <i>I. semirugosus</i> mostrando las estructuras principales: TS – surco transverso, O – ozoporo, P – paranota, PC – carina pleurosternal, SP – espiráculo. Tomado de Recuero y García-Paris (2016).....	13
Figura 3	Número de registros y porcentaje por fuente de procedencia.....	15
Figura 4	Número total de registros y porcentaje por especie.....	16
Figura 5	Aspecto dorsal de los diplosegmentos de <i>A. novarae</i> .....	20
Figura 6	Gonópodos del ♂ de <i>A. novarae</i> . Tomado de Recuero y García-Paris (2016).....	20
Figura 7	Número de registros usados de la especie <i>A. novarae</i> por fuente, así como su porcentaje.....	21
Figura 8	Mapa de registros iniciales para <i>A. novarae</i> .....	22
Figura 9	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de <i>A. novarae</i> . Valores: AUC-test= 0.875, AUC-train= 0.982.....	23
Figura 10	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de <i>A. novarae</i> . Valores: AUC-test= 0.953, AUC-train= 0.984.....	23
Figura 11	Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie <i>A. novarae</i> .....	24
Figura 12	Proyección con umbrales de <i>A. novarae</i> para México.....	25
Figura 13	Proyección con umbrales de <i>A. novarae</i> para EE.UU.....	26
Figura 14	Proyección con umbrales de <i>A. novarae</i> para Canadá.....	27
Figura 15	Aspecto dorsal de los diplosegmentos de <i>A. coarctata</i> .....	28
Figura 16	Gonópodos del ♂ de <i>A. coarctata</i> . Tomado de Recuero y García-Paris (2016).....	28

Figura 17	Número de registros usados de la especie <i>A. coarctata</i> por fuente, así como su porcentaje.....	31
Figura 18	Mapa de registros iniciales para <i>A. coarctata</i> .....	32
Figura 19	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de <i>A. coarctata</i> . Valores: AUC-test= 0.743, AUC-train= 0.904.....	33
Figura 20	Figura 20. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de <i>A. coarctata</i> . Valores: AUC-test= 0.789, AUC-train= 0.899.....	33
Figura 21	Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie <i>A. coarctata</i> .....	34
Figura 22	Proyección con umbrales de <i>A. coarctata</i> para México.....	35
Figura 23	Proyección con umbrales de <i>A. coarctata</i> para EE.UU.....	36
Figura 24	Proyección con umbrales de <i>A. coarctata</i> para Canadá.....	37
Figura 25	Aspecto dorsal de los diplosegmentos de <i>C. xanthotricha</i> .....	38
Figura 26	Gonópodos del ♂ de <i>C. xanthotricha</i> Tomado de Recuero y García-Paris (2016).....	38
Figura 27	Número de registros usados de la especie <i>C. xanthotricha</i> por fuente, así como su porcentaje.....	40
Figura 28	Mapa de registros iniciales para <i>C. xanthotricha</i> .....	41
Figura 29	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de <i>C. xanthotricha</i> . Valores: AUC-test= 0.652, AUC-train= 0.749.....	42
Figura 30	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de jacknife (17 grupos) en los registros de <i>C. xanthotricha</i> . Valores: AUC-test= 0.727, AUC-train= 0.885.....	42

Figura 31	Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie <i>C. xanthotricha</i> .....	43
Figura 32	Proyección con umbrales de <i>C. xanthotricha</i> para México.....	44
Figura 33	Proyección con umbrales de <i>C. xanthotricha</i> para EE.UU.....	45
Figura 34	Proyección con umbrales de <i>C. xanthotricha</i> para Canadá.....	46
Figura 35	Aspecto dorsal de los diplosegmentos de <i>H. holstii</i> . Tomado de Howarth y Shelley (2008).....	47
Figura 36	Gonópodos del ♂ de <i>H. holstii</i> Tomado de Howarth y Shelley (2008).....	47
Figura 37	Número de registros usados de la especie <i>H. holstii</i> por fuente, así como su porcentaje.....	48
Figura 38	Mapa de registros iniciales para <i>H. holstii</i> .....	49
Figura 39	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de <i>H. holstii</i> . Valores: AUC-test= 0.877, AUC-train= 0.978.....	50
Figura 40	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de <i>H. holstii</i> . Valores: AUC-test= 0.918, AUC-train= 0.976.....	50
Figura 41	Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie <i>H. holstii</i> .....	51
Figura 42	Proyección con umbrales de <i>H. holstii</i> para México.....	52
Figura 43	Proyección con umbrales de <i>H. holstii</i> para EE.UU.....	53
Figura 44	Proyección con umbrales de <i>H. holstii</i> para Canadá.....	54
Figura 45	Aspecto dorsal de los diplosegmentos de <i>O. gracilis</i> .....	55
Figura 46	Gonópodos del ♂ de <i>O. gracilis</i> . Tomado de Suriel (2011).....	55
Figura 47	Número de registros usados de la especie <i>O. gracilis</i> por fuente, así como su porcentaje.....	62
Figura 48	Mapa de registros iniciales para <i>O. gracilis</i> .....	63
Figura 49	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de <i>O. gracilis</i> .	

	Valores: AUC-test= 0.787, AUC-train= 0.917.....	64
Figura 50	ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de <i>O. gracilis</i> . Valores: AUC-test= 0.881, AUC-train= 0.910.....	64
Figura 51	Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie <i>O. gracilis</i> .....	65
Figura 52	Proyección con umbrales de <i>O. gracilis</i> para México.....	66
Figura 53	Proyección con umbrales de <i>O. gracilis</i> para EE.UU.....	67
Figura 54	Proyección con umbrales de <i>O. gracilis</i> para Canadá.....	68
Figura 55	Agregación de <i>O. gracilis</i> en un tronco en Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, Nuevo León.....	69
Figura 56	Larva de escarabajo Phengodidae que se encontró alimentándose de una hembra de <i>O. gracilis</i> . Papel milimétrico de fondo como escala.....	71
Figura 57	Esternitos de la larva de Phengodidae, sin rastros del ooporo en el esternito IX el cual solo lo tienen las hembras larviformes adultas. Papel milimétrico de fondo como escala.....	71
Figura 58	Uno de los ejemplares juveniles de <i>Mastigoproctus cinteotl</i> que fueron encontrados alimentándose de ejemplares de <i>O. gracilis</i> . En esta foto se aprecia el acto de depredación de otro ejemplar de <i>O. gracilis</i> el cual fue ofrecido como comida en el laboratorio.....	73

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

AUC	Area under ROC curve
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
ROC	Receiver Operating Characteristic
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
UdeG	Universidad de Guadalajara

## RESUMEN

Existen a la fecha reportes de cinco especies exóticas de milpiés de la familia Paradoxosomatidae establecidas en América del Norte. Este trabajo establece la posible área de distribución de dichas especies: *Akamptogonus novarae* (Humbert & DeSausure, 1896), *Asiomorpha coarctata* (DeSausure, 1860), *C. xanthotricha* (Attems, 1898), *Helicorthomorpha holstii* (Pocock, 1895) y *Oxidus gracilis* (C.L. Koch, 1847) (Diplopoda: Paradoxosomatidae) en América del Norte con el software de modelaje de nicho ecológico Maxent. También se amplia el conocimiento biológico de *A. coarctata* y *O. gracilis* con base a observaciones en campo y se hacen nuevos registros estatales para las especies *A. novarae*, *A. coarctata*, *C. xanthotricha* y *O. gracilis* con base a ejemplares depositados en colecciones científicas.

## ABSTRACT

To this day, five species of exotic millipedes of the family Paradoxosomatidae have been recorded to be established in North America. The potential distribution of said species: *Akamptogonus novarae* (Humbert & DeSausure, 1896), *Asiomorpha coarctata* (DeSausure, 1860), *C. xanthotricha* (Attems, 1898), *Helicorthomorpha holstii* (Pocock, 1895) and *Oxidus gracilis* (C.L. Koch, 1847) (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae) is established in North America using the niche modelling analysis software Maxent. The knowledge of the biology of *A. coarctata* and *O. gracilis* is expanded in basis of observations in the field and new state records are made for the species *A. novarae*, *A. coarctata*, *C. xanthotricha* y *O. gracilis* in basis of specimens deposited in scientific collections.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los Diplopoda son artrópodos miriápodos que se caracterizan por tener la mayoría de sus segmentos fusionados en pares, a estos se les llama diplosegmentos y portan dos pares de patas cada uno. Su primer segmento, denominado collum, es ápodo. Después del collum se encuentran pocos segmentos no fusionados llamados haplosegmentos que cuentan con un solo par de patas, posteriormente se encuentran los diplosegmentos (Edgecombe 2015). Todos los componentes de la primera maxila se encuentran fusionados en una estructura llamada gnatoquilario y no presentan segunda maxila. Los órganos reproductores secundarios del macho son llamados gonópodos y se encuentran en una posición variable del cuerpo según el orden. Presentan glándulas defensivas comunicadas al exterior por los ozoporos, ubicados generalmente a los laterales del cuerpo, antenas simples de siete segmentos y la mayoría, salvo los Polyxenida, presentan una cutícula calcificada (Edgecombe 2015).

Los milpiés forman parte de la fauna del suelo, su función en el ecosistema consiste en la degradación activa de materia vegetal muerta lo que los vuelve importantes elementos recicladores en su ecosistema (Crawford 1992; Hättenschwile y Grasser 2005). A pesar de esto, son pocos los estudios dirigidos hacia su diversidad, morfología, ecología o filogenia (Sierwald y Bond 2007).

El orden Polydesmida incluye a los comúnmente llamados milpiés de espalda plana, milpiés planos o milpiés polidésmidos y es el más diverso de los 16 órdenes que conforman la clase Diplopoda; este orden cuenta con 5156 especies distribuidas en 30 familias (Shelley 2003; Sierwald y Bond 2007; Shear 2011). A nivel nacional este orden representa el grupo más diverso, con 13 familias, 59 géneros y 273 especies (Bueno-Villegas *et al.* 2004). Los milpiés planos se caracterizan por tener un tronco conformado por 17 o 18 segmentos con patas, más dos ápodos; algunas pocas especies cuentan con tan pocos como 16 o tantos como 39 segmentos con patas y en algunos pocos casos la hembra de algunas especies cuenta con un segmento adicional (Edgecombe 2015; Shear *et al.* 2016). En la

mayoría de las especies el octavo par de patas del macho se encuentra modificado a forma de órganos copulatorios llamados gonópodos (Edgecombe 2015; Shear *et al.* 2016). Aunque algunas especies presentan coloraciones intensas, todas las especies de este orden de milpiés carecen por completo de ocelos por lo que son ciegos, y estos colores brillantes son por ende de función aposemática. Su mecanismo de defensa se basa en enrollarse y exudar líquidos nocivos, esto para intentar repeler a sus potenciales depredadores. Estas sustancias son exudadas a través de los ozoporos que generalmente se distribuyen en los segmentos 5, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, y 17; si se trata de una especie con mayor número de segmentos es usual que también posea ozoporos en los segmentos 18 y 19 (Edgecombe 2015) y en la especie *Dobrodesmus mirabilis*, que cuenta con 39 segmentos, los presenta en los segmentos 5, 7, 9, 10, 12, 13, 15-38 (Shear *et al.* 2016).

La familia Paradoxosomatidae puede diferenciarse del resto de los milpiés polidésmidos debido a la presencia de una constricción media en la cuenca de los gonópodos de los machos (Loomis 1968). Esta familia presenta especies nativas en todos los continentes exceptuando la Antártida y Norteamérica (Nguyen y Sierwald 2013). Existen a la fecha registros de cinco especies exóticas de esta familia presentes en Norteamérica: *A. novarae* (Hoffman 1980; Nguyen y Sierwald 2013; Recuero y García-Paris 2016), *C. xanthotricha* (Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2017; Cupul-Magaña *et al.* 2014; Likhitrakarn *et al.* 2010; Shelley 2000b; Shelley y Cupul-Magaña 2007; Shelley y Lehtinen 1998), *H. holstii* (Howarth y Shelley 2008; Shelley 2000a; Shelley y Edwards 2001; Shelley y Lehtinen 1998), *A. coarctata* (Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2006; Cupul-Magaña y Shelley 2011; Cupul-Magaña *et al.* 2014; Shelley y Edwards 2001) y *O. gracilis* (Cupul-Magaña y Shelley 2011; Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2017; Hoffman 1999), cuyo medio de dispersión conocido a nuevas áreas es el comercio de tierra y plantas de ornato (Chamberlin 1941; Shelley y Edwards 2001).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Historia taxonómica de la familia Paradoxosomatidae

La familia Paradoxosomatidae fue propuesta por Daday en 1889 para contener a dos géneros: *Trachydesmus* y *Paradoxosoma*. Seis años después, Cook (1895) creó la familia Strongylosomatidae la cual originalmente tenía géneros que ahora se encuentran ubicados dentro de la familia Paradoxosomatidae (Nguyen y Sierwald 2013).

Attems en 1898 propuso un grupo o "tribu" llamada Strongylosominae que contenía, entre otros, a *Strongylosoma*, *Trachydesmus* y *Paradoxosoma*; él rechazaba el nombre Paradoxosomatidae. En 1914, Attems elevaría este grupo a nivel de familia, Strongylosomidae, y en 1937 daría descripciones de todos los géneros y especies que fueron colocados en ella. En 1916 Brölemann había aceptado el concepto de Strongylosomidae de Attems y creó las subfamilias Strongylosominae y Eviulisominae dentro de esta (Nguyen y Sierwald 2013).

Para 1937 la mayoría de taxónomos aceptaban y usaban el nombre Strongylosomidae mientras que pocos se referían a la familia como Strongylosomatidae, la forma gramaticalmente correcta de la familia la cual fue propuesta por Cook. En los siguientes años, taxónomos como Verhoeff (1933), Wang (1975) y Hoffman (1963) describirían varias subfamilias y tribus de esta familia (Nguyen y Siwewald 2013).

Fue hasta 1963 que Jeekel consideró la familia Paradoxosomatidae propuesta por Daday como el nombre válido para la familia Strongylosomatidae y desde ahí el nombre ha permanecido; en su consecuente trabajo en 1968 sobre esta familia, Jeekel entraría en detalle sobre la distribución e historia natural de sus miembros así como la taxonomía, elevando tres grupos a nivel de subfamilia, esta es la clasificación que se usa hoy en día (Nguyen y Sierwald 2013).

## 2.2 Familia Paradoxosomatidae Daday, 1889

Esta familia de milpiés polidésמידos (Myriapoda: Diplopoda: Polydesmida) puede diferenciarse del resto por tener una constricción media en la cuenca de los gonópodos (Loomis 1968) (Fig. 1) así como que las paranotas del segundo segmento del tronco se encuentran mas abajo que las quillas laterales del collum y las paranotas del tercer segmento (Nguyen y Sierwald 2013). La familia se encuentra integrada por tres subfamilias: Alogolykinae Hoffman, 1963, Australiosomatinae Brölemann, 1916 y Paradoxosomatinae Daday, 1889.

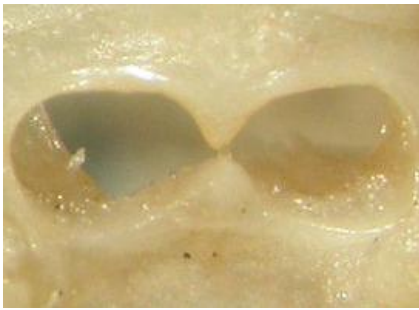


Figura 1. Cuenca de los gonópodos del ♂ de un milpiés plano de la familia Paradoxosomatidae.

### 2.2.1 Subfamilia Australiosomatinae Brölemann, 1916

Esta subfamilia de Paradoxosomatidae tiene la característica que en el primer par de patas de los machos presentan un tubérculo prominente en el fémur (Nguyen y Sierwald 2013).

#### 2.2.1.1 *Akamptogonus novarae* (Humbert y DeSaussure, 1896)

Fue descrita por Humbert y DeSaussure en 1896 como *Polydesmus novarae*; es nativa de Gales del Sur, Australia (Nguyen y Sierwald 2013; Rowe y Sierwald 2006). Se ha registrado como especie introducida en algunas otras zonas de Australia, Nueva Zelanda, EE.UU. (en los estados de Hawái y California) y México (en los estados de Ciudad de México y Tlaxcala) (Hoffman 1980; Nguyen y Sierwald 2013; Recuero y García-Paris 2016).

Puede diferenciarse de *C. xanthotricha*, *A. coarctata* y *O. gracilis* debido a sus paranotas poco desarrolladas, presentes incluso en los segmentos finales del tronco. Difiere también de *C. xanthotricha* en que sus metazonitos son lisos. Puede distinguirse de *H. holstii* debido a la ausencia de una línea anaranjada en el dorso de su cuerpo (Howarth y Shelley 2008; Recuero y García-Paris 2016; Rowe y Sierwald 2006).

### **2.2.2 Subfamilia Paradoxosomatinae Daday, 1889**

En esta subfamilia de Paradoxosomatidae los machos carecen de un tubérculo prominente en el fémur del primer par de patas y a menudo el solenóforo recubre al solenómero y hay desarrollo de estructuras llamadas *lamina lateralis* y *lamina medialis* en los gonópodos del macho (Nguyen y Sierwald 2013).

#### **2.2.2.1 *Chondromorpha xanthotricha* (Attems, 1898)**

Fue descrita por Attems en 1898 como *Prionopeltis xanthotrichus*; es probablemente nativa de Sri Lanka o el sur de la India (Nguyen y Sierwald 2013). Se ha registrado como especie introducida en Costa Rica, EE.UU. (en el estado de Texas), Fiji, Filipinas, Guadalupe, Haití, Indonesia, Islas Caimán, Islas Mascareñas, Jamaica, México (en los estados de Jalisco, Morelos, San Luis Potosí y Veracruz), Nueva Caledonia, Nueva Guinea, Panamá, Puerto Rico, Samoa, San Vicente y las Granadinas, Singapur, Surinam, Tailandia, Taiwán, Trinidad y Tobago y Venezuela (Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2017; Cupul-Magaña *et al.* 2014; Likhitrakarn *et al.* 2010; Shelley y Cupul-Magaña 2007; Shelley y Lehtinen 1998).

Puede diferenciarse de *A. novarae* y *H. holstii* debido a sus paranotas bien desarrolladas. También difiere de *H. holstii* debido a la ausencia de una línea anaranjada en el dorso del cuerpo. Puede distinguirse de *A. coarctata* y *O. gracilis* debido a sus metazonitos granulados y con setas (Howarth y Shelley 2008; Recuero y García-Paris 2016; Shelley y Cupul-Magaña 2007).

#### **2.2.2.2 *Helicorthomorpha holstii* (Pocock, 1895)**

Fue descrita por Pocock en 1895 como *Strongylosoma holstii*; es nativa de Asia, se distribuye en China, Japón, Taiwán y Vietnam (Shelley y Edwards 2001). Se ha registrado como especie introducida en EE.UU. (en Hawái y Florida) (Howarth y Shelley 2008; Shelley 2000a; Shelley y Edwards 2001; Shelley y Lehtinen 1998).

Puede diferenciarse de *C. xanthotricha*, *A. coarctata* y *O. gracilis* debido a sus paranotas poco desarrolladas. También difiere de *C. xanthotricha* en que sus metazonitos son lisos. Puede distinguirse de *A. novarae* debido a la presencia de una línea anaranjada que recorre el dorso del cuerpo (Howarth y Shelley 2008; Shelley y Edwards 2001).

#### **2.2.2.3 *Asiomorpha coarctata* (DeSaussure, 1860)**

Fue descrita por DeSaussure en 1860 como *Polydesmus coarctatus*; se le considera una especie pantropical aunque su origen es el sudeste de Asia (Likhitrakarn *et al.* 2010; Nguyen y Sierwald 2013). En Norteamérica continental se registra como especie introducida en EE.UU. (en los estados de Florida, Hawái, Luisiana y Texas) y México (en los estados de Chiapas, Jalisco, Nayarit, Tabasco, Veracruz y Yucatán) (Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2006; Cupul-Magaña y Shelley 2011; Cupul-Magaña *et al.* 2014; Shelley y Edwards 2001).

Puede diferenciarse de *A. novarae* y *H. holstii* debido a sus paranotas bien desarrolladas, también de *H. holstii* debido a la ausencia de una línea anaranjada en el dorso del cuerpo, de *C. xanthotricha* debido a sus metazonitos lisos y de *O. gracilis* por los ángulos posteriores de las paranotas marcadamente agudos en todo el tronco.

#### **2.2.2.4 *Oxidus gracilis* (C.L. Koch, 1847)**

Fue descrita por C.L. Koch en 1847 como *Fontaria gracilis*; se le considera una especie cosmopolita cuyo origen probable es Japón (Nguyen y Sierwald 2013). En Norteamérica continental se registra como especie introducida en Canadá, EE.UU. (Hoffman 1999) y México (en los estados de Campeche, Chiapas, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Nuevo

León, Oaxaca y Veracruz) (Cupul-Magaña y Shelley 2011; Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2017).

Puede diferenciarse de *A. novarae* y *H. holstii* debido a sus paranotas bien desarrolladas. También difiere de *H. holstii* debido a la ausencia de una línea anaranjada dorsal y de *C. xanthotricha* debido a sus metazonitos lisos. Puede diferenciarse de *A. coarctata* por los ángulos posteriores de las paranotas, marcadamente agudos solo en la región posterior del tronco, siendo más obtusos a mediación del cuerpo (Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2006; Likhitrakarn *et al.* 2010; Recuero y García-Paris 2016).

### **2.3 Dieta**

Los milpiés de la familia Paradoxosomatidae son en su mayoría especies detritívoras que consumen materia vegetal en descomposición, así como hongos (Bennett y Kerr 1973); intentos de inducir el consumo de brotes o materia vegetal viva han sido fallidos al menos para las especies *A. coarctata* y *O. gracilis* (Bennett y Kerr 1973; Causey 1943).

### **2.4 Comportamiento**

En temporadas secas se encuentran ocultos bajo rocas, troncos caídos y entre la hojarasca para evitar la desecación; si llegasen a salir prefieren la noche aunque en las temporadas de lluvia se les puede observar en la superficie incluso durante el día, a veces en grandes congregaciones. No toleran ambientes secos. La especie *A. coarctata* es simpátrica y sintópica con *C. xanthotricha* y *O. gracilis* (Bennett y Kerr 1973; Causey 1943; Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2006; Likhitrakarn *et al.* 2017; Shelley y Cupul-Magaña 2007).

### **2.5 Toxicidad**

Como mecanismo de defensa estas especies se enrollan y segregan sustancias disuasorias con un olor variable; se ha detectado que *A. coarctata* y *O. gracilis* producen cianuro de hidrógeno, mandelonitrilo, benzaldehído, fenol, p-cresol, benzaldehído dimetil acetal, cresol, ácido benzoico, etil benzoato y guaiacol. Estas sustancias, en particular el cianuro de hidrógeno y el mandelonitrilo, son tóxicas y pueden causar problemas en un organismo si el

milpiés es consumido (Blum *et al.* 1973; Duffey y Blum 1977; Pearsons *et al.* 2017; Taira *et al.* 2003).

## **2.6 Parásitos y patógenos**

En el caso de *O. gracilis* se ha encontrado que es parasitado por el nemátodo *Rhabditis myriophila* que se desarrolla posterior a la muerte de su hospedero, siendo su desarrollo pausado por características inmunológicas de la hemolinfa (Poinar, 1986; Poinar y Thomas, 1985). Experimentos efectuados por Poinar y Thomas (1985) infectando ejemplares con *Heterorhabditis heliothidis* y *Neoaplectana carpocapsa* encontraron también resistencia por el mismo factor, sin embargo, cuando son expuestos a altas dosis, los nemátodos sí causan la muerte de su hospedero. Por ende, es de suponerse que estos milpiés son resistentes a la infección de la mayoría de nemátodos. Un hongo parásito encontrado en las entrañas de *O. gracilis* es *Enterobyrus oxidi* Lichtwardt (Lichtwardt, 1960, 1986).

## **2.7 Resistencia a condiciones climáticas adversas**

Se desconoce exactamente el tiempo que le toma a *O. gracilis* llegar a su etapa adulta, sin embargo, se sabe que los adultos mueren al entrar el invierno mientras que los estadíos inmaduros son capaces de sobrevivir, puesto que logran resistir temperaturas de congelamiento si el lapso es corto, pero más de 30 minutos en estas temperaturas son suficientes para matarlos (Causey 1943). Los adultos pueden sobrevivir completamente sumergidos en agua de 5 a 7 días (Causey 1943).

## **2.8 Reproducción**

Una descripción detallada de los procesos de precópula, cópula y oviposición así como detalles del ciclo de vida de *O. gracilis* pueden ser encontrados en el trabajo de Causey (1943) y un trabajo similar sobre *A. coarctata* fue efectuado por Bennett y Kerr (1973); ambas especies ponen de 25 a 300 huevos y el ciclo vital es generalmente menor de un año, entrando en letargo durante épocas de temperaturas bajas (esto último para *O. gracilis*) (Bennett y Kerr 1973; Causey 1943).



### **3. JUSTIFICACIÓN**

Existe poca información sobre especies de miriápodos no nativos en Norteamérica por lo que este estudio busca analizar la distribución potencial de las especies exóticas de la familia Paradoxosomatidae en la región por medio de revisión de material depositado en colecciones y la generación de modelos de nicho ecológico.

Asimismo es importante generar herramientas para identificar fácilmente a estas especies puesto que aunque ya existen claves (Recuero y García-Paris 2016), estas no incluyen a todas las especies presentes en Norteamérica.

Se considera que los resultados obtenidos servirán como referencia para futuros trabajos en las áreas de miriapodología y el estudio de especies exóticas.

#### **4. HIPÓTESIS**

La distribución de las cinco especies exóticas de milpiés planos (Myriapoda: Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae) es mayor a la que se reporta y es posible, mediante análisis de nicho ecológico, establecer su distribución potencial para Norteamérica.

## **5. OBJETIVO DEL TRABAJO**

### Objetivo general

Establecer la distribución potencial en Norteamérica de las cinco especies exóticas de milpiés planos de la familia Paradoxosomatidae mediante el uso de modelados de nicho ecológico, así como enriquecer el conocimiento de su biología y taxonomía a partir de observaciones de campo y laboratorio.

### Objetivos específicos

- Elaborar una clave dicotómica para la identificación de todas las especies.
- Generar modelos de nicho ecológico mediante el algoritmo de Maxent considerando datos de colecciones científicas y bases de datos electrónicas.
- A partir de estos modelos, proponer la distribución potencial de las especies.

## **6. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **6.1 Área de estudio - Norteamérica continental**

Se tomó como área de estudio el territorio continental de los países de Canadá, EE.UU. (sin incluir Alaska y Hawái) y México.

Los registros de Canadá y EE.UU. se tomaron de la plataforma electrónica GBIF (Global Biodiversity Information Facility).

En cuanto a México, debido a que los datos necesarios no se encuentran en ninguna plataforma electrónica, fueron requeridos de las siguientes instituciones que se conocen cuentan con especímenes de miriápodos en sus colecciones: Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), Universidad Autónoma de México (UNAM) y Universidad de Guadalajara (UdeG).

Se tomaron registros de otros países, también contenidos en la plataforma GBIF, como complemento.

### **6.2 Metodología para la revisión de los ejemplares en colecciones**

Los ejemplares depositados en la Colección Aracnológica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) no se encontraban identificados por lo que, tras identificar los ejemplares a nivel de la familia, se utilizó un microscopio estereoscópico (VELAB VE-S1), literatura especializada, así como un equipo de disección básico (pinzas, aguja de disección, etc.) para identificar a nivel especie los ejemplares en cuestión.

Para ayudar a la identificación de los organismos se realizó una nueva clave dicotómica, esta se basa en la clave de Recuero y García-Paris (2016), la cual fue traducida y ampliada para incluir a todas las especies exóticas reportadas hasta el día de hoy en Norteamérica.

Antes de revisar los ejemplares con la clave, que incluye solo las especies exóticas de Norteamérica, se revisaron para confirmar que no se tratara de una especie del género *Iulidesmus* Silvestri, 1895 el cual está presente en Centroamérica y se encuentra representado por las especies *Iulidesmus isthmianus* (Loomis, 1961) de Panamá, *Iulidesmus moorei* (Hoffman, 1977) de Costa Rica e *Iulidesmus semirugosus* (Pocock, 1888) de la isla caribeña de Dominica (Hoffman, 1999). El género *Iulidesmus* difiere de todas las especies exóticas de Paradoxosomatidae en que presenta paranotas reducidas y una carina pleuroesternal bien desarrollada (Recuero y García-Paris 2016) (Figura 2).

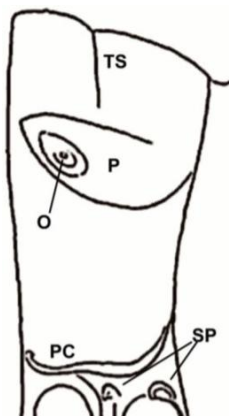


Figura 2. Metazonito de *I. semirugosus* mostrando las estructuras principales: TS – surco transversal, O – ozoporo, P – paranota, PC – carina pleuroesternal, SP – espiráculo. Tomado de Recuero y García-Paris (2016).

### 6.3 Análisis de modelado de nicho

Una vez identificados todos los organismos, se colocaron sus datos (coordenadas) junto con los registros digitales en hojas de Microsoft Excel según la especie y luego estos datos fueron analizados a través del software Maxent para crear un modelado de nicho ecológico para cada especie con el cual es posible inferir el posible área de distribución que estas pudieran tener en la región.

Para realizar estos modelos se utilizaron un total de 2248 registros de las cinco especies de interés; 175 (7.8%) provinieron de la UANL, 18 (0.8%) de la UAEH, 23 (1.0%) de la UNAM, 12 (0.5%) de la UdeG, 19 de literatura (0.8%) y 2001 (89.0%) de GBIF (Tabla 1, Figura 1).

De estos 2248 registros, 290 (12.9%) corresponden a *A. novarae*, 19 (0.8%) a *C. xanthotricha*, 43 (1.9%) a *H. holstii*, 66 (2.9%) a *A. coarctata* y 1830 (81.4%) a *O. gracilis* (Tabla 1, Figura 2).

De los 290 registros de *A. novarae*: 1 provino de la UANL, 283 de GBIF y 6 de la literatura; de los 19 registros de *C. xanthotricha*: 3 provinieron de la UAEH, 3 de la UANL, 3 de la UdeG, 7 de la UNAM, 21 de GBIF y 3 de la literatura; de los 43 registros de *H. holstii*: 42 provinieron de GBIF y 1 de la literatura; de los 66 registros de *A. coarctata*: 5 provinieron de la UAEH, 22 de la UANL, 4 de la UdeG, 14 de la UNAM, 1649 de GBIF y 3 de la literatura; de los 1830 registros de *O. gracilis*: 10 provinieron de la UAEH, 149 de la UANL, 5 de la UdeG, 14 de la UNAM, 1649 de GBIF y 19 de la literatura.

Tabla 1. Registros usados: según la especie y de donde se obtuvo el dato.

	UAEH	UANL	UdeG	UNAM	GBIF	Literatura	TOTAL
<i>A. novarae</i>	0	1	0	0	283	6	290
<i>C. xanthotricha</i>	3	3	3	2	6	2	19
<i>H. holstii</i>	0	0	0	0	42	1	43
<i>O. coarctata</i>	5	22	4	7	21	7	66
<i>O. gracilis</i>	10	149	5	14	1649	3	1830
<b>TOTAL</b>	18	175	12	23	2001	19	<b>2248</b>

Estos registros fueron depurados considerando 3 variables: I, si eran duplicados; II, si compartían celda con otro registro o III, si se encontraban en una celda sin datos (se recuperaron aquellos que se encontraban a una distancia menor de 5km de una celda que sí contuviera datos).

Para el modelo se usaron las 19 variables bioclimáticas de Worldclim v2 (Fick y Hijmans 2017) (Tabla 2) así como la altitud (GTOPO30) siguiendo a Hamilton *et al.* (2016). Para la

caracterización del "background" se seleccionaron 10,000 puntos aleatorios dentro de un radio de 250km.

Se decidió usar el programa Maxent debido a que ya se ha usado previamente para modelado de nicho ecológico en especies introducidas e invasoras (Crafton 2015; Holcombe *et al.* 2010; Kumar *et al.* 2015; Padalia *et al.* 2013; Rodríguez-Merino *et al.* 2017) y la metodología es fácilmente implementada para su uso en otras especies (Crafton 2015; Kumar *et al.* 2015).

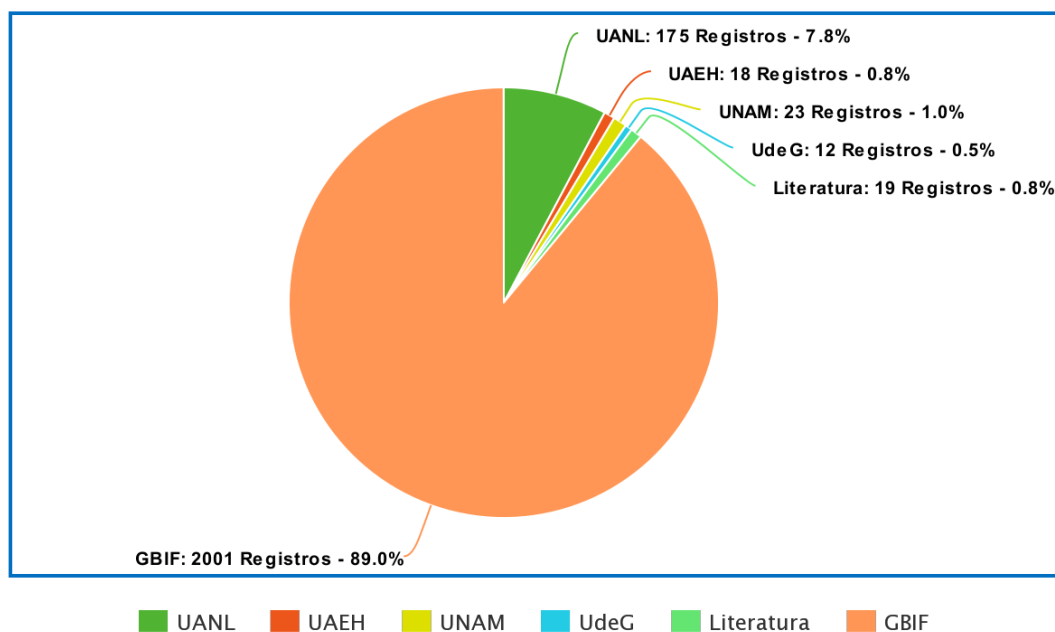


Figura 3. Número de registros y porcentaje por fuente de procedencia.

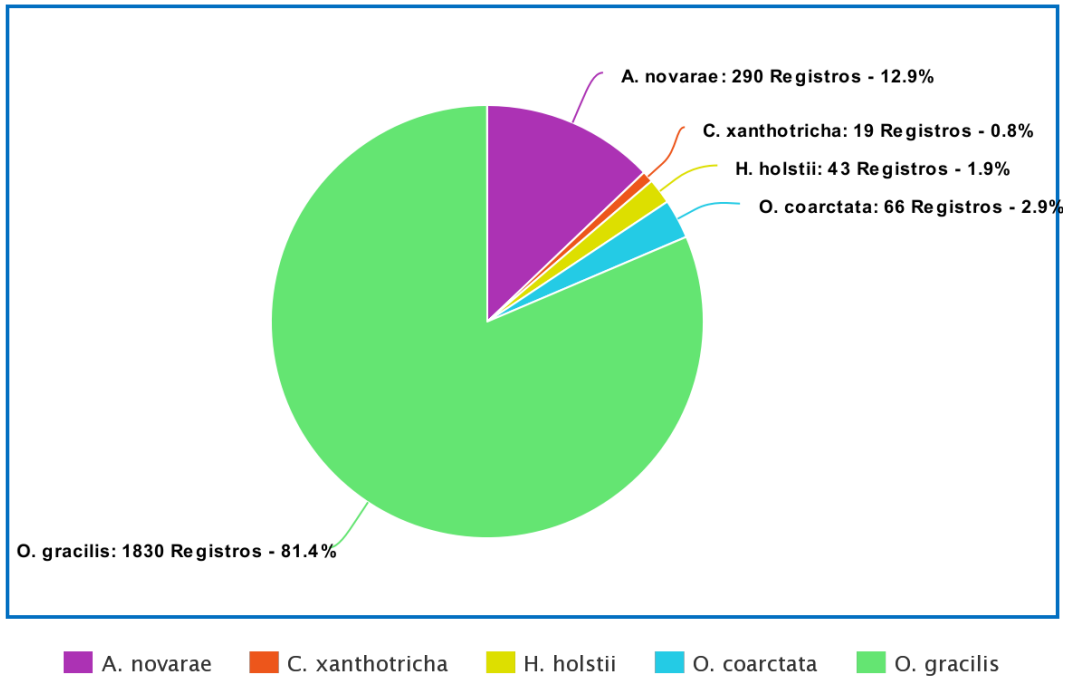


Figura 4. Número total de registros y porcentaje por especie.



Tabla 2. Variables bioclimáticas utilizadas para estos modelos.

<b>Variable bioclimática</b>	<b>Valor</b>
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango medio diurno (media del mes (temperatura máxima - temperatura mínima))
BIO3	Isotermia (BIO2/BIO7)(*100)
BIO4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango anual de temperatura (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 la 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 cuarto más frío

Las proyecciones de la distribución potencial se representan en dos formatos: I proyecciones logísticas que toman valores entre 0 y 1 y II proyecciones con umbral que toman en cuenta el valor mínimo de presencia y el percentil 10, de acuerdo con Holcombe

*et al.* (2010). Los análisis fueron realizados en Maxent versión 3.3.3k a través de su implementación en el paquete "dismo" en R (Hijmans *et al.* 2017).

#### **6.4 Análisis estadístico**

La validación de los modelos fue realizada por dos de tres métodos: para *A. novarae*, *H. holstii*, *A. coarctata* y *O. gracilis* se usó I la validación cruzada aleatoria (10 grupos) y II la validación cruzada en bloques (4 grupos), esto debido a que estas especies contaban con más de 20 registros. Para *C. xanthotricha* se utilizó, además de la validación cruzada en bloques (4 grupos), III la validación cruzada jackknife, que evalúa con todos los puntos del modelo, esto debido a que esta especie solo contaba con 17 registros. Para evaluar el desempeño del modelo se consideró el área bajo la curva ROC (AUC) (Kumar *et al.* 2015; Rodríguez-Merino *et al.* 2017) cualquier resultado mayor a 0.7 es considerado bueno y cualquier resultado mayor a 0.9 es considerado excelente (Kumar *et al.* 2015; Rodríguez-Merino *et al.* 2017).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Identificación de los taxones

La siguiente clave dicotómica que se generó para este estudio probó ser capaz de asistir en la identificación de todos los especímenes (incluyendo hembras y juveniles) de Paradoxosomatidae norteamericanos que se analizaron.

- 1.- Paranotas reducidas (Figuras 5 y 35).....2
- .- Paranotas desarrolladas (Figuras 15, 25 y 45).....3
  
- 2.- Metazonitos sin patrón aparente, con paranotas color marrón claro (Figura 5); ♂ con un tubérculo prominente en el fémur del primer par de patas; gonópodos del macho como en la Figura 6.....*Akamptogonus novarae*
- .- Metazonitos con un patrón consistente en una línea anaranjada en el dorso (Figura 35) y paranotas del mismo color que dicha línea (Figura 35); ♂ sin dicho tubérculo en el fémur del primer par de patas; gonópodos del ♂ como en la Figura 36....*Helicorthomorpha holstii*
  
- 3.- Metazonitos lisos y normalmente glabrosos (Figuras 15 y 45); paranotas de un color más claro que el metazonito (Figuras 15 y ), la porción posterior de estas paranotas puede ser puntiaguda (Figura 15) u obtusa (Figura 45).....4
- .- Metazonitos con superficie granular provista de setas (Figura 25); paranotas con solo la porción posterior más clara en coloración que el metazonito (Figura 25), dicha porción es siempre puntiaguda (Figura 25); gonópodos del ♂ como en la Figura 26.....*Chondromorpha xanthotricha*
  
- 4.- Porción posterior de las paranotas de la porción media del cuerpo puntiaguda (Figura 15); gonópodos del ♂ como en la Figura 16.....*Asiomorpha coarctata*
- .- Porción posterior de las paranotas de la porción media del cuerpo obtusa (Figura 45); gonópodos del ♂ como en la Figura 46.....*Oxidus gracilis*

## 7.2 Modelos de nicho ecológico por especie

### 7.2.1 *Akamptogonus novarae* (Humbert y DeSaussure, 1896)



Figura 5. Aspecto dorsal de los diplosegmentos de *A. novarae*.



Figura 6. Gonópodos del ♂ de *A. novarae*. Tomado de Recuero y García-Paris (2016).

Registros de colecciones. **MÉXICO. Nuevo León.** 1♀ de El Bañito, Santiago, 2 de julio de 1987, Francisco Arturo Leyva Corral (FCB-DPOLY227).

Registros de literatura. Hoffman (1979 y 1999) y Recuero y García-Paris (2016). México y Estados Unidos.

Registros de GBIF. [https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon\\_key=1017379](https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=1017379)

Australia, EE.UU., Isla Norfolk y Nueva Zelanda.

De los 290 registros iniciales (Figura 7), 153 fueron eliminados por ser duplicados, 20 por estar ubicados en la misma celda que otro registro y 3 por estar ubicados en una celda sin valor, a más de 5km de una celda con valor (Figura 8, Anexo 1). Los valores de las curvas ROC (Figuras 9 y 10) para la validación cruzada en bloques (Figura 9) y la validación cruzada aleatoria (Figura 10) fue superior a 0.7. En el modelo de esta especie las variables bioclimática BIO19 (precipitación del cuarto mas frío - 29%), BIO06 (temperatura mínima

del mes mas frío, 18%) y BIO02 (rango medio diurno - 13%) fueron las variables que mas contribuyeron (Figura 11). La proyecciones con umbrales y logísticas del modelo mostró que es mas probable que esta especie se establezca en el sur de México (Figura 12, Anexos 2 y 3), el suroeste y costa oeste de Estados Unidos (Figura 13, Anexos 4 y 5) y poco probable que se establezca en Canadá (Figura 14, Anexos 6 y 7).

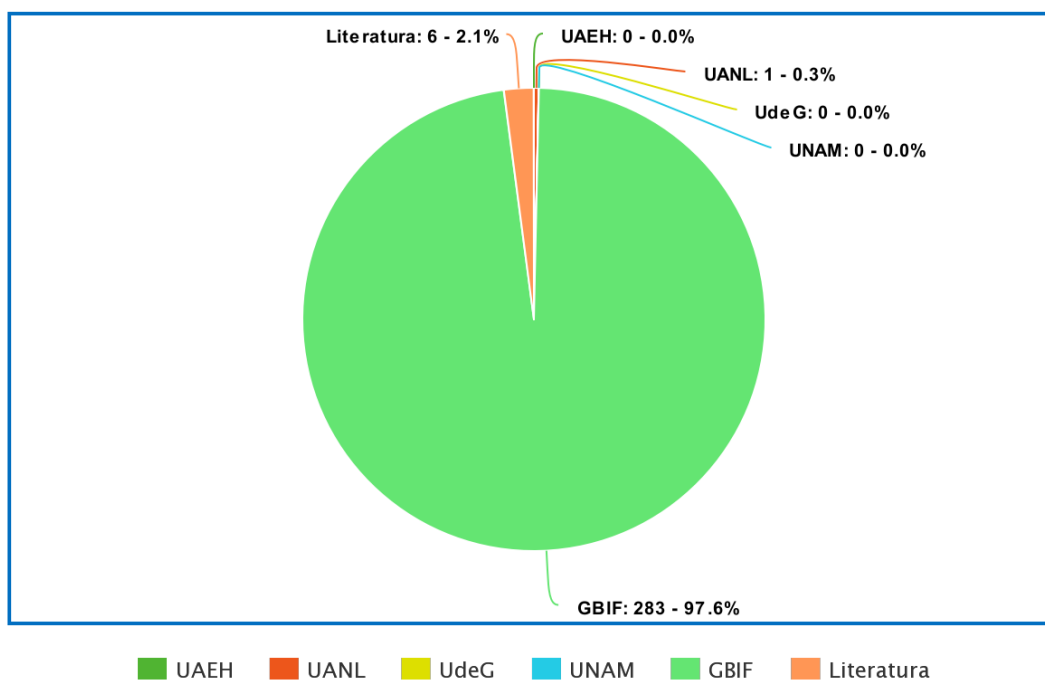


Figura 7. Número de registros usados de la especie *A. novarae* por fuente, así como su porcentaje.

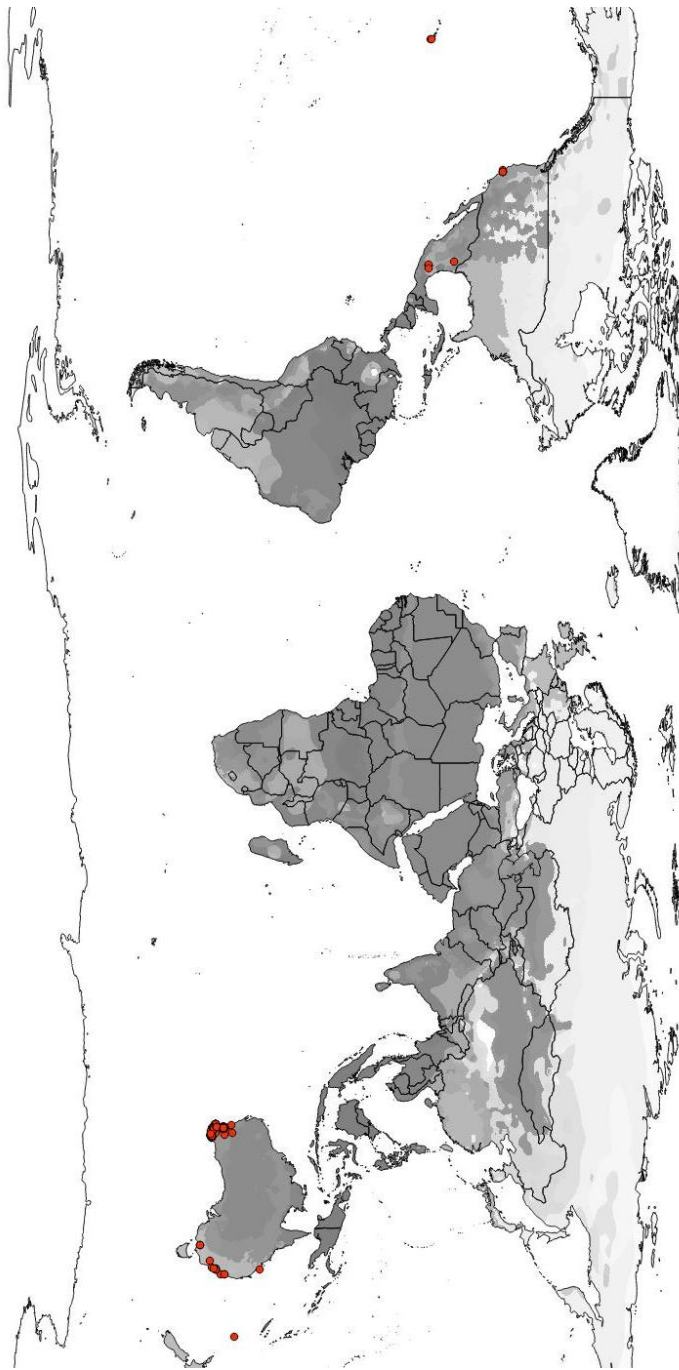


Figura 8. Mapa de registros iniciales para *A. novarae*.

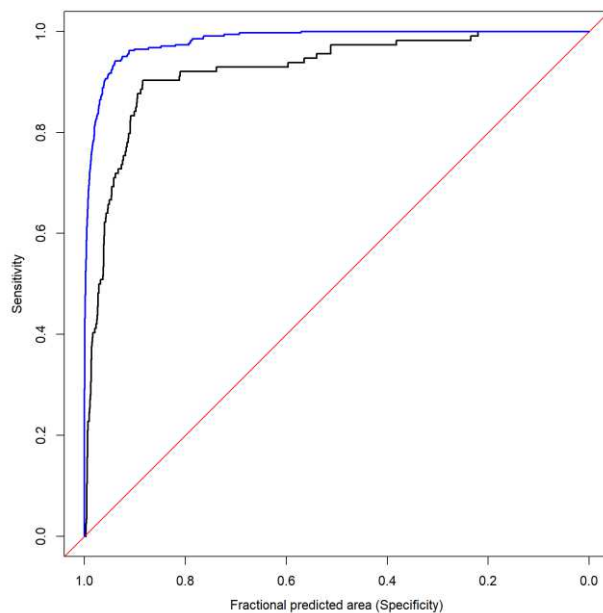


Figura 9. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de *A. novarae*. Valores: AUC-test= 0.875, AUC-train= 0.982.

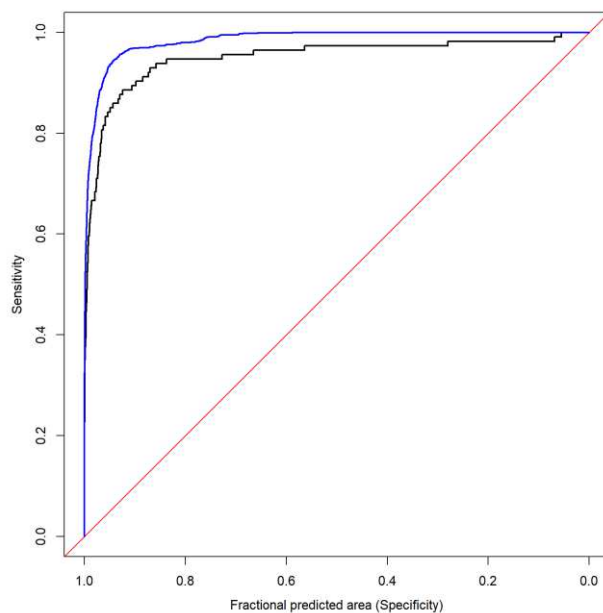


Figura 10. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de *A. novarae*. Valores: AUC-test= 0.953, AUC-train= 0.984.

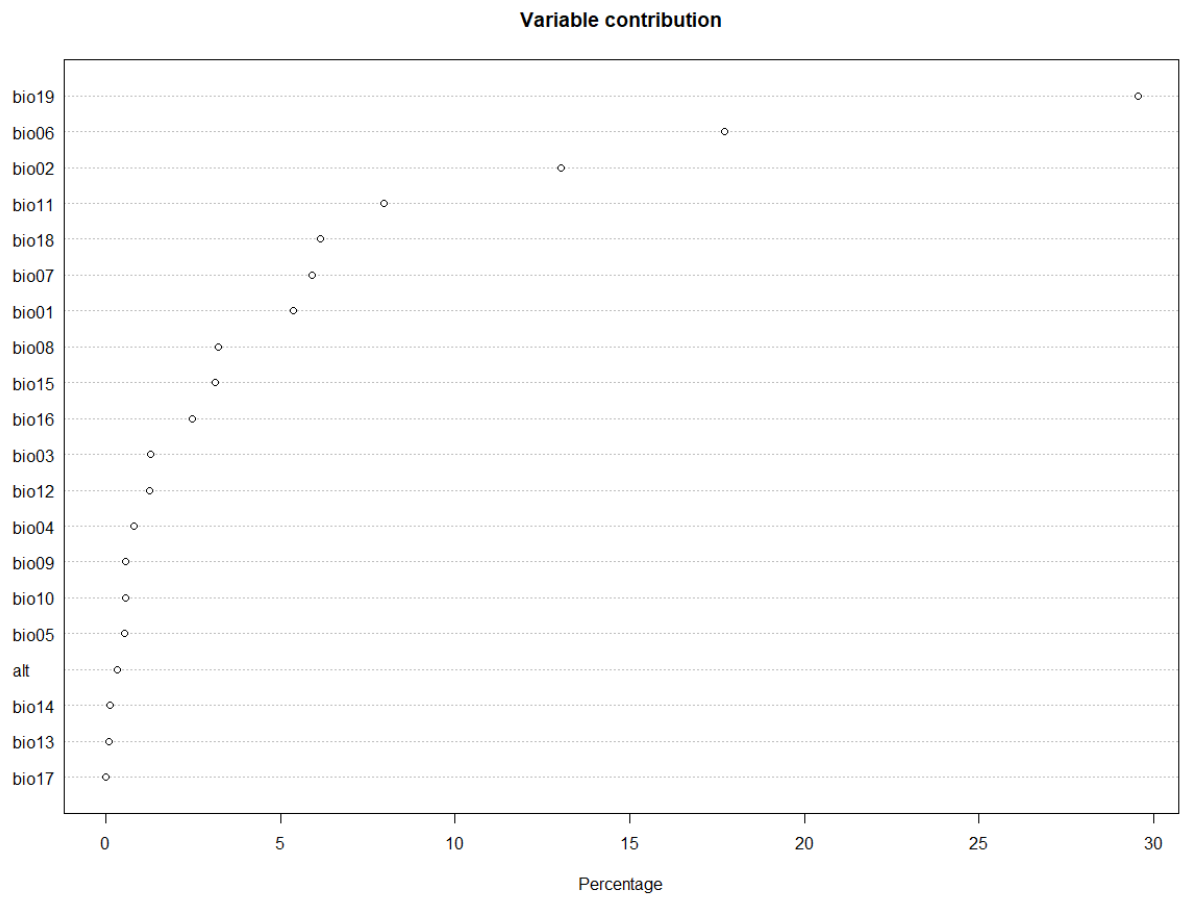


Figura 11. Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie *A. novarae*.



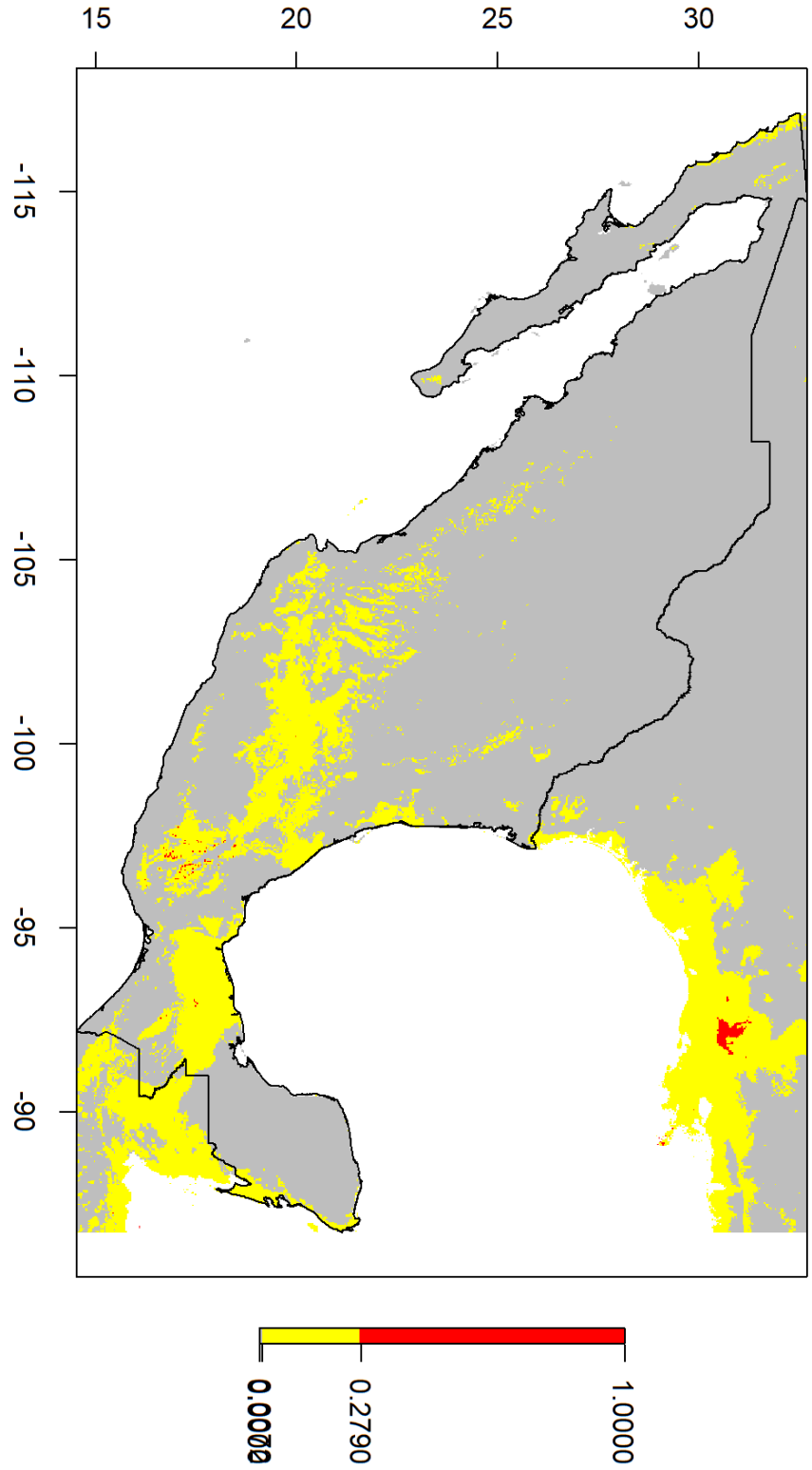


Figura 12. Proyección con umbrales de *A. novarae* para México.

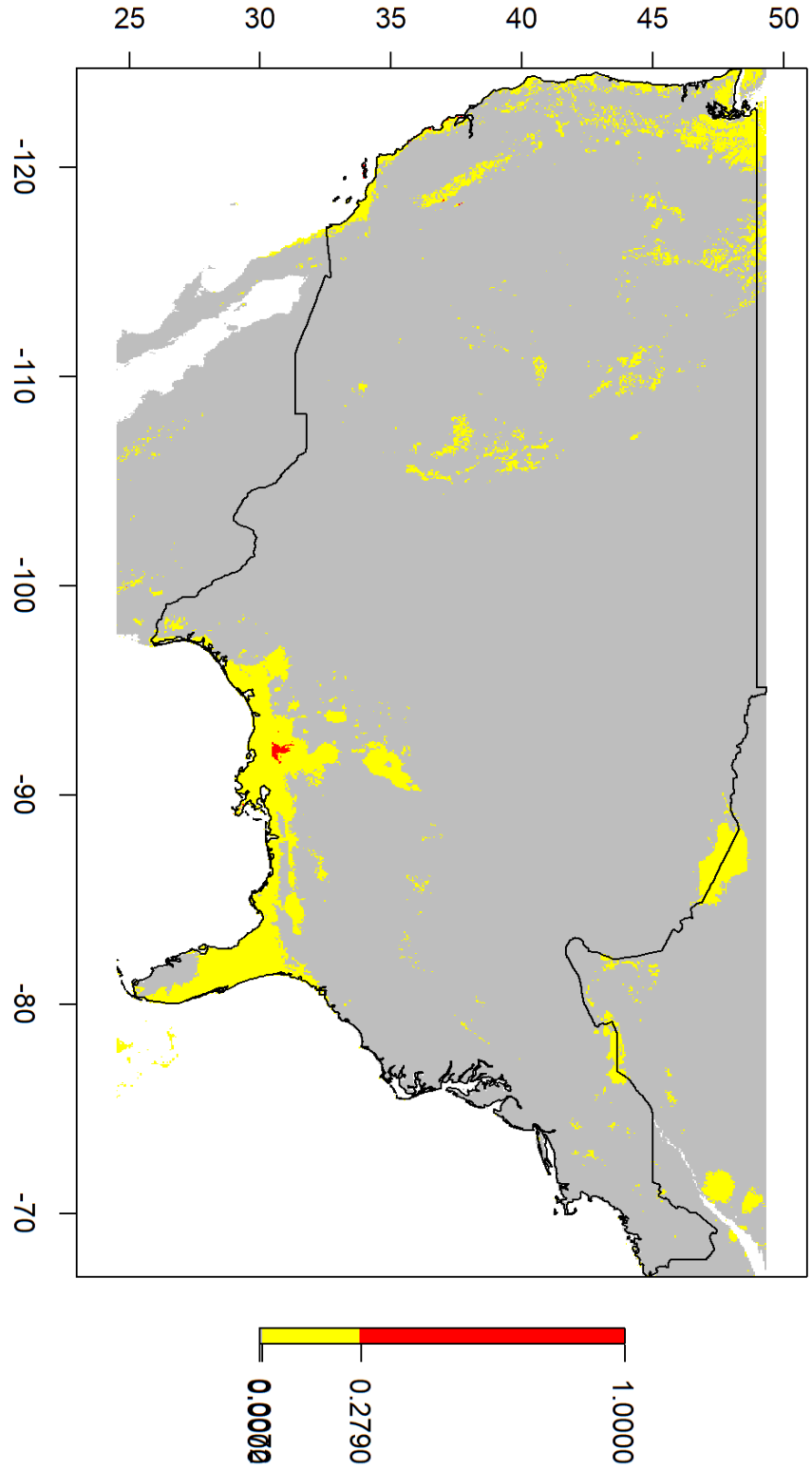


Figura 13. Proyección con umbrales de *A. novarae* para EE.UU.

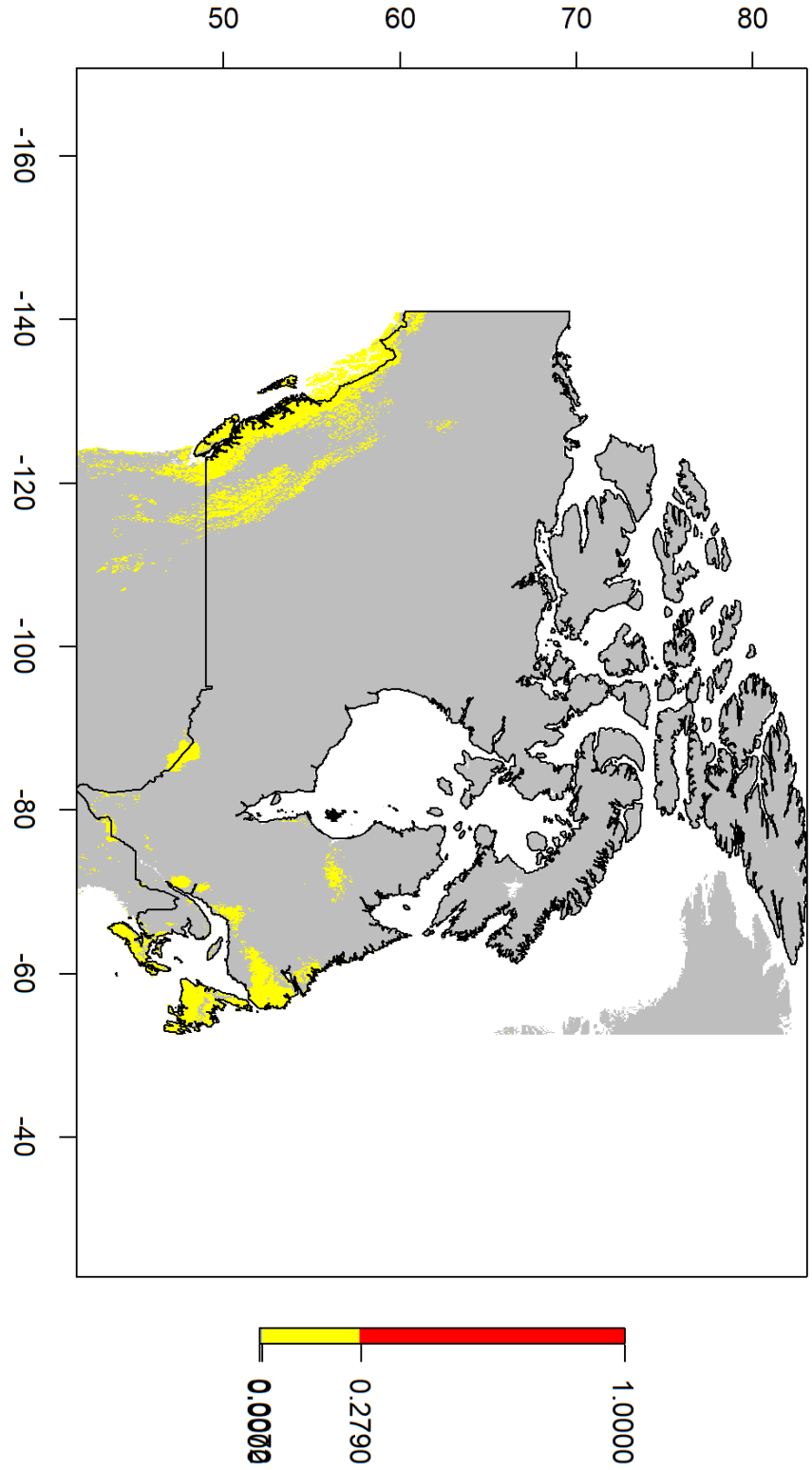


Figura 14. Proyección con umbrales de *A. novarae* para Canadá.

### 7.2.2 *Asiomorpha coarctata* (DeSaussure, 1860)



Figura 15. Aspecto dorsal de los diplosegmentos de *A. coarctata*.

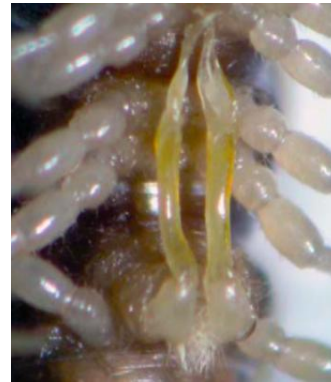


Figura 16. Gonópodos del ♂ de *A. coarctata*. Tomado de Recuero y García-Paris (2016).

Registros de colecciones. **MÉXICO. Chiapas.** 1 ejemplar de Camino al Crucero, Ocosingo, 13 de junio de 2004, J. Castelo (CNAC-DI000566); 1 ejemplar de Anexo Cofolasa, Ocosingo, 1 de mayo de 2004, J. Castelo (CNAC-DI000567); 1 ejemplar de Carretera-Villacorzo - Tuxtla Gutiérrez km 74, 5 de noviembre de 2004, R. Paredes (CNAC-DI000568); 3 ejemplares de Carretera Villacorzo - Tuxtla Gutiérrez km 74, 5 de noviembre de 2004, R. Paredes (CNAC-DI000569); 4♂♂, 2♀♀ de Instalaciones del ECOSUR, Tapachula, 14 de junio de 2009, E. Chamé (MyUAEH-27) **Estado de México.** 1 ejemplar de Tlanepanla de Baz, 30 de octubre de 2002, Iván D. (CNAC-DI000460). **Jalisco.** 2 ejemplares de Puerto Vallarta, 17 de marzo de 2006, Fabio G. Cupul-Magaña (CNAC-DI000011); 1 ejemplar de Zona de Conservación Ecológica Estero El Salado, Puerto Vallarta, 13 de diciembre de 2013; Puerto Vallarta, julio de 2006, F. G. Cupul-Magaña. **Nayarit.** 2♂♂, 2♀♀ de San Vicente, F. G. Cupul-Magaña, 7 de octubre de 2008; Nuevo Vallarta, 9 de enero de 2015, R. Amparán. **Nuevo León.** 1♂, 2♀♀ de Cadereyta, octubre de 1996, B. Rangel C. (FCB-DPOLY180); 1♀ de Colonia Pueblo Nuevo, Apodaca, 15 de octubre de 2017, Manuel Octavio Uscanga Carreón (FCB-DPOLY185); 1♀ de Colonia Pueblo Nuevo, Apodaca, 3 de septiembre de 2017, Enrique Barco (FCB-DPOLY187); 2♂♂ 1♀ de Colonia Los Altos, Escobedo, 30 de marzo de 2008, Karla

Daniela Mata Hernández (FCB-DPOLY188); 1♂ de Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, 1 de octubre de 2016, Nara Ivette Corona, (FCB-DPOLY197); 1♂ El Bañito, Santiago, 2 de Julio de 1987, Francisco A. Leyva (FCB-DPOLY227); 1♂ de El Barrial, Santiago, 1 de septiembre de 2013, Adilson Guadalupe García González (FCB-DPOLY228); 3♂♂ de Las Margaritas, Santiago, 7 de octubre de 2017, Francisco Jesús Sepúlveda A. (FCB-DPOLY236); 1♀ de Presa de la Boca, Santiago, 8 de mayo de 1982, Jorge A. Lira Martínez (FCB-DPOLY241); 1♂ El Cerrito, Santiago, 13 de diciembre de 1981 Alberto Zepeda B. (FCB-DPOLY243); 1♂ Santiago, 21 de diciembre de 1986, I. Vázquez E. (FCB-DPOLY245); 3♂♂ Las Margaritas, Santiago, 7 de octubre de 2017, Luis Carlos Garduño Rivas (FCB-DPOLY247); 2♂♂ de San Pedro Garza García, 30 de Agosto de 2012, Miguel Ángel Martínez Rodríguez (FCB-DPOLY259); 1♂ de San Pedro Garza García, 30 de agosto de 2012, Miguel Ángel Martínez Rodríguez (FCB-DPOLY261); 1♂ de Las Cascadas, Guadalupe, 10 de octubre de 2017, José Orlando Ríos Martínez (FCB-DPOLY267); 1♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 12 de octubre de 2015, Wilmar Flores (FCB-DPOLY269); 2♂♂ de Las Cascadas, Guadalupe, 13 de junio de 2013, Hugo David López Rodulfo (FCB-DPOLY280); 1♂ de Cerro de las Mitras, Monterrey, 13 de diciembre de 1989, Cayetano Reyna Montalvo (FCB-DPOLY300); 3♂♂ de La Estanzuela, Monterrey, 8 de septiembre de 2012, Abraham Eli Cavazos Reséndiz (FCB-DPOLY309); 1♂ de La Estanzuela, Monterrey, 18 de julio de 2013, Carolina Jiménez Martínez (FCB-DPOLY320); 1♂ de La Estanzuela, Monterrey, 27 de agosto de 2013, Alejandro Gallegos Gardea (FCB-DPOLY325); 1♂ Río la Silla, Guadalupe, 6 de octubre de 1982, Ma de Jesús S. V. (FCB-DPOLY329). **Oaxaca.** 19 ejemplares de Tuxtepec, 19 de noviembre de 1990, E. Barrera (CNAC-DI000388). **Veracruz.** 2♀♀ de Camino de El Trópico al balneario La Florida, Ángel R. Cabada, 9 de octubre de 2001, J. Bueno-Villegas (MyUAEH-25); 1♀ de Ejido López Mateos, Catemaco, 6 de diciembre de 2006, J. Bueno-Villegas (MyUAEH-26). **Yucatán.** 1♂, 3♀♀ de Dzityá, Mérida, 3 de octubre de 2014, J. Bueno-Villegas (MyUAEH-215).

Registros de literatura. Bennett y Kerr (1973), Cupul-Magaña (2011), Cupul-Magaña y Bueno-Villegas (2006), Cupul-Magaña y Shelley (2011), Cupul-Magaña *et al.* (2014), Hoffman (1999), Loomis (1959, 1968), Shelley (2000), Shelley *et al.* (1997).

Registros de GBIF. [https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon\\_key=1016841](https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=1016841)

Australia, Brasil, Ecuador, El Salvador, EE.UU., Fiyi, Guyana, Haití, Indonesia, Japón, Madagascar, Myanmar, Nepal, Nueva Caledonia, Panamá, Perú, Polinesia Francesa, Samoa, Seychelles, Sierra Leona, Sri Lanka, Tailandia, Tonga, Venezuela.

De los 66 registros iniciales (Figura 17), 12 fueron eliminados por ser duplicados y 2 por estar ubicados en una celda sin valor, a más de 5km de una celda con valor (Figura 18, Anexo 8). Los valores de las curvas ROC (Figuras 19 y 20) para la validación cruzada en bloques (Figura 19) y la validación cruzada aleatoria (Figura 20) fue superior a 0.7. En el modelo de esta especie las variables bioclimáticas BIO15 (estacionalidad de precipitación - 19%), BIO14 (estacionalidad de temperatura - 12%) y BIO02 (rango medio diurno - 11%) fueron las variables que mas contribuyeron (Figura 21). La proyecciones con umbrales y logísticas del modelo mostró que es mas probable que esta especie se establezca en ambas costas de México, la península de Baja California y la península de Yucatán (Figura 22, Anexos 9 y 10), el suroeste y costa oeste de Estados Unidos (Figura 23, Anexos 11 y 12) y poco probable que se establezca en Canadá (Figura 24, Anexos 13 y 14).

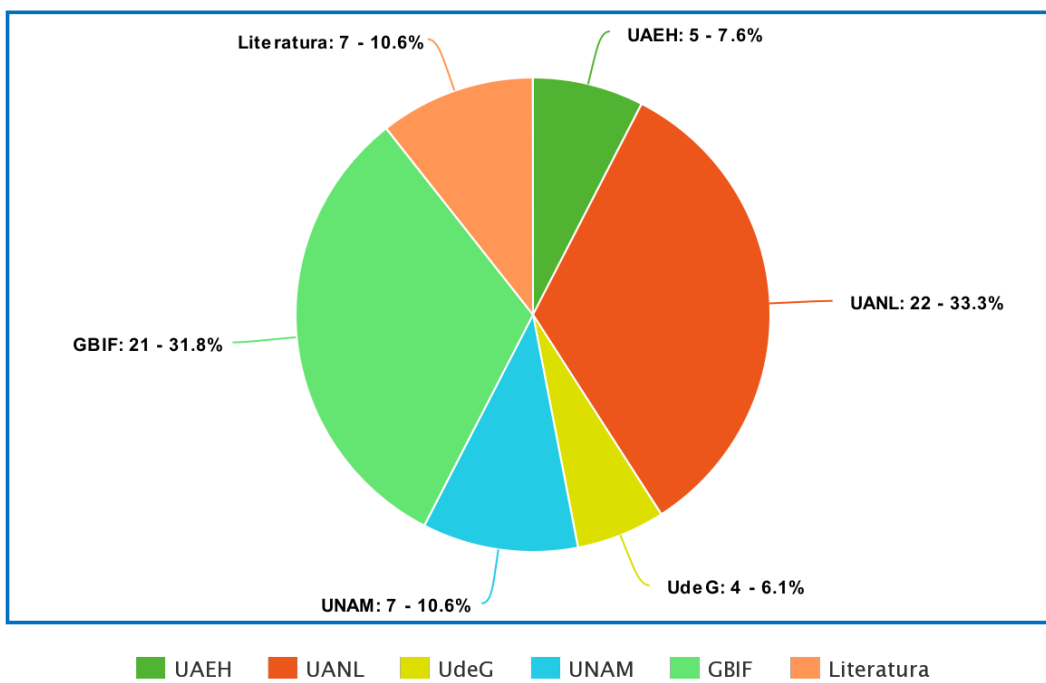


Figura 17. Número de registros usados de la especie *A. coarctata* por fuente, así como su porcentaje.

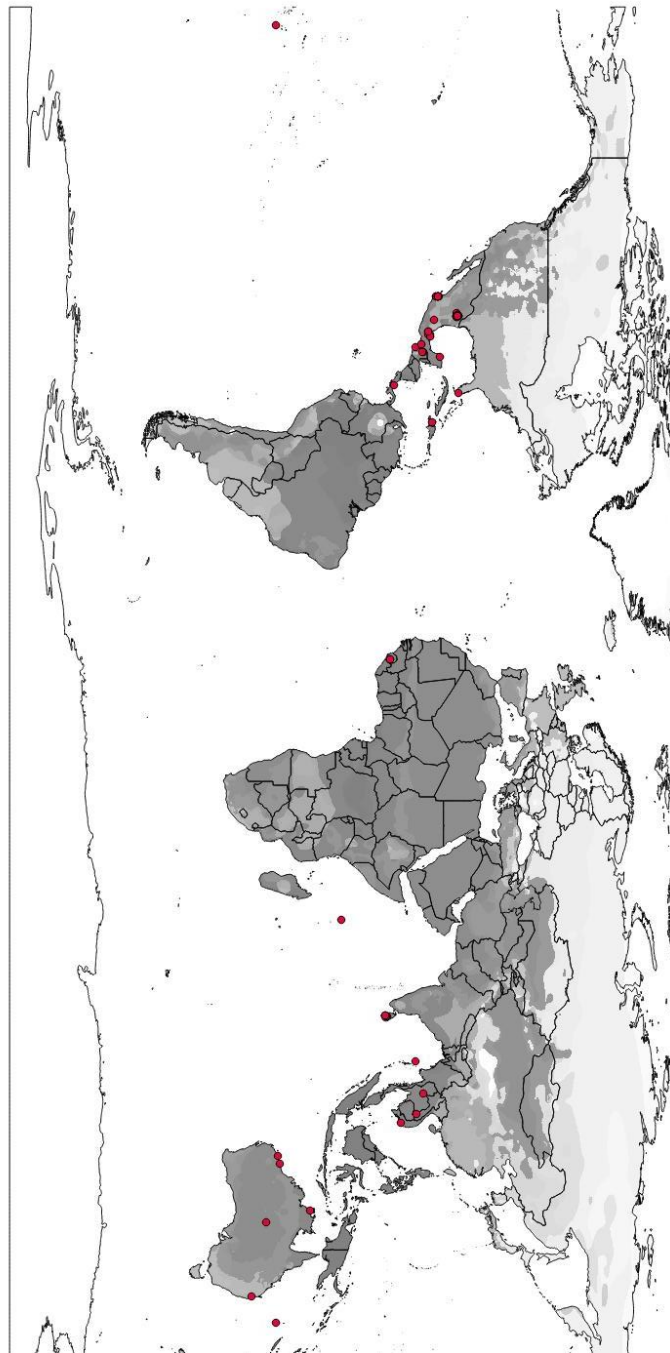


Figura 18. Mapa de registros iniciales para *A. coarctata*.



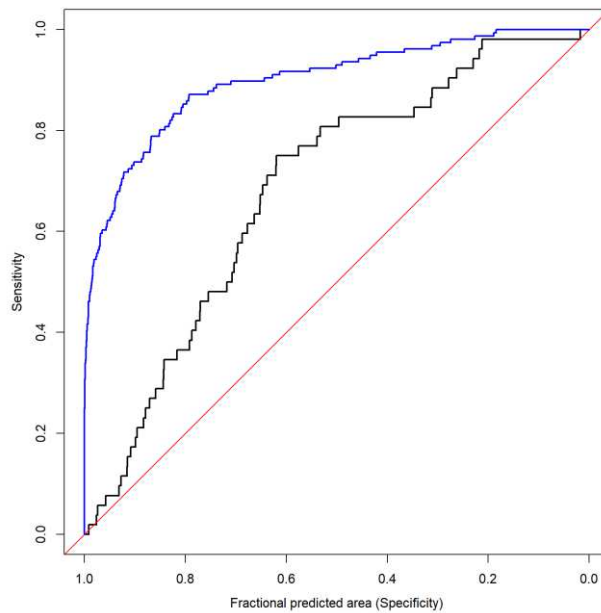


Figura 19. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de *A. coarctata*. Valores: AUC-test= 0.743, AUC-train= 0.904.

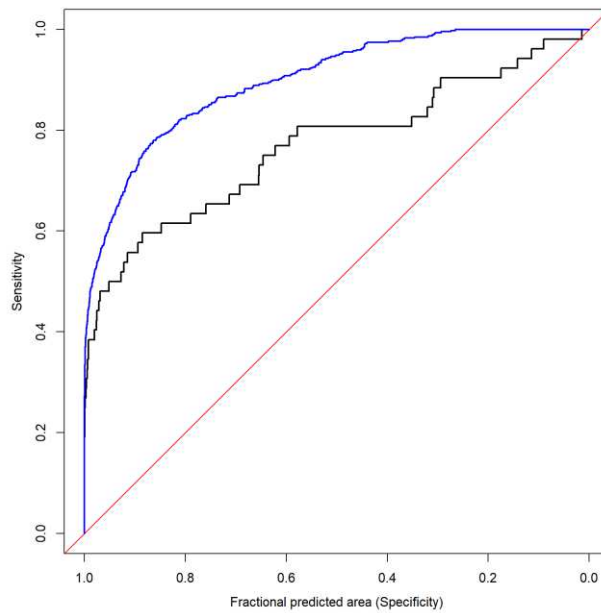


Figura 20. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de *A. coarctata*. Valores: AUC-test= 0.789, AUC-train= 0.899.

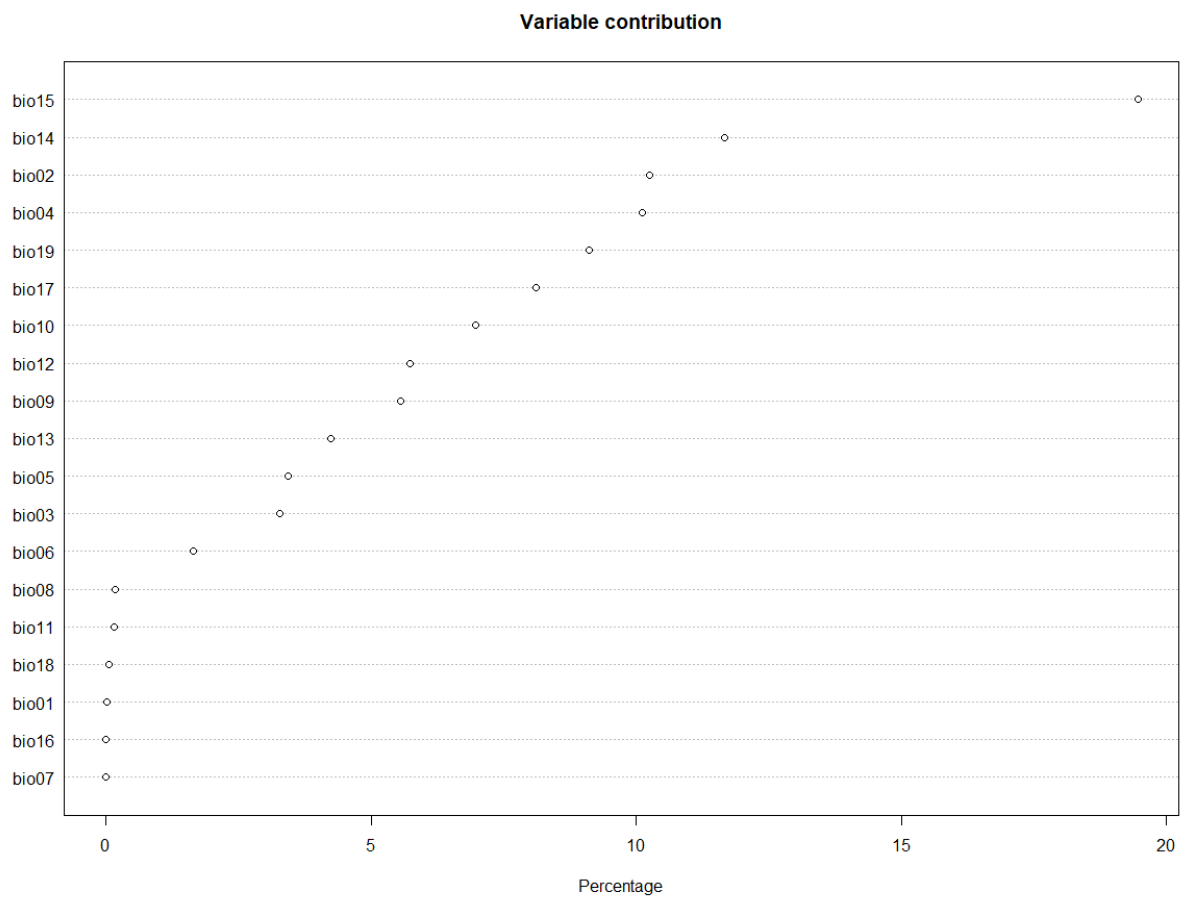


Figura 21. Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie *A. coarctata*.

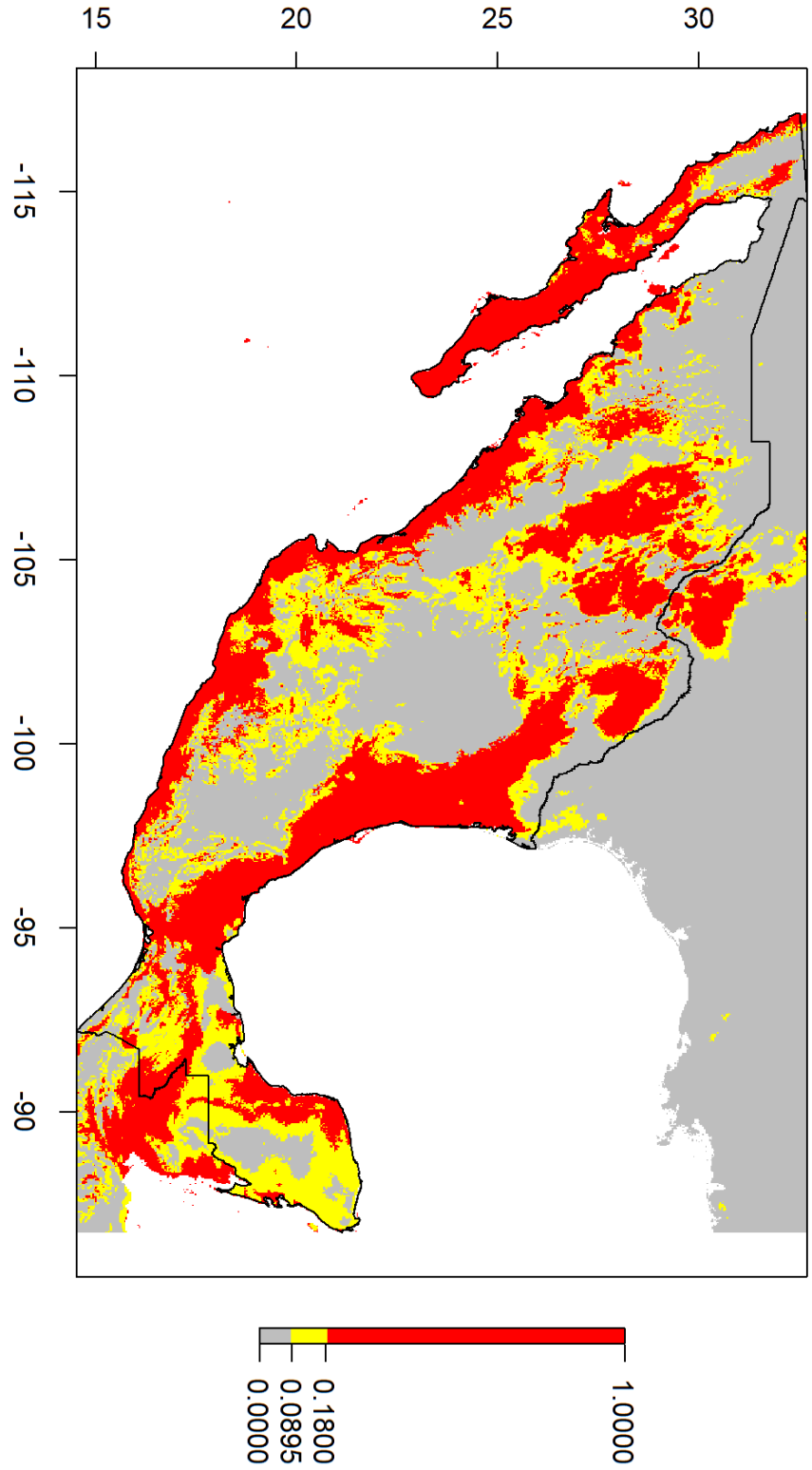


Figura 22. Proyección con umbrales de *A. coarctata* para México.

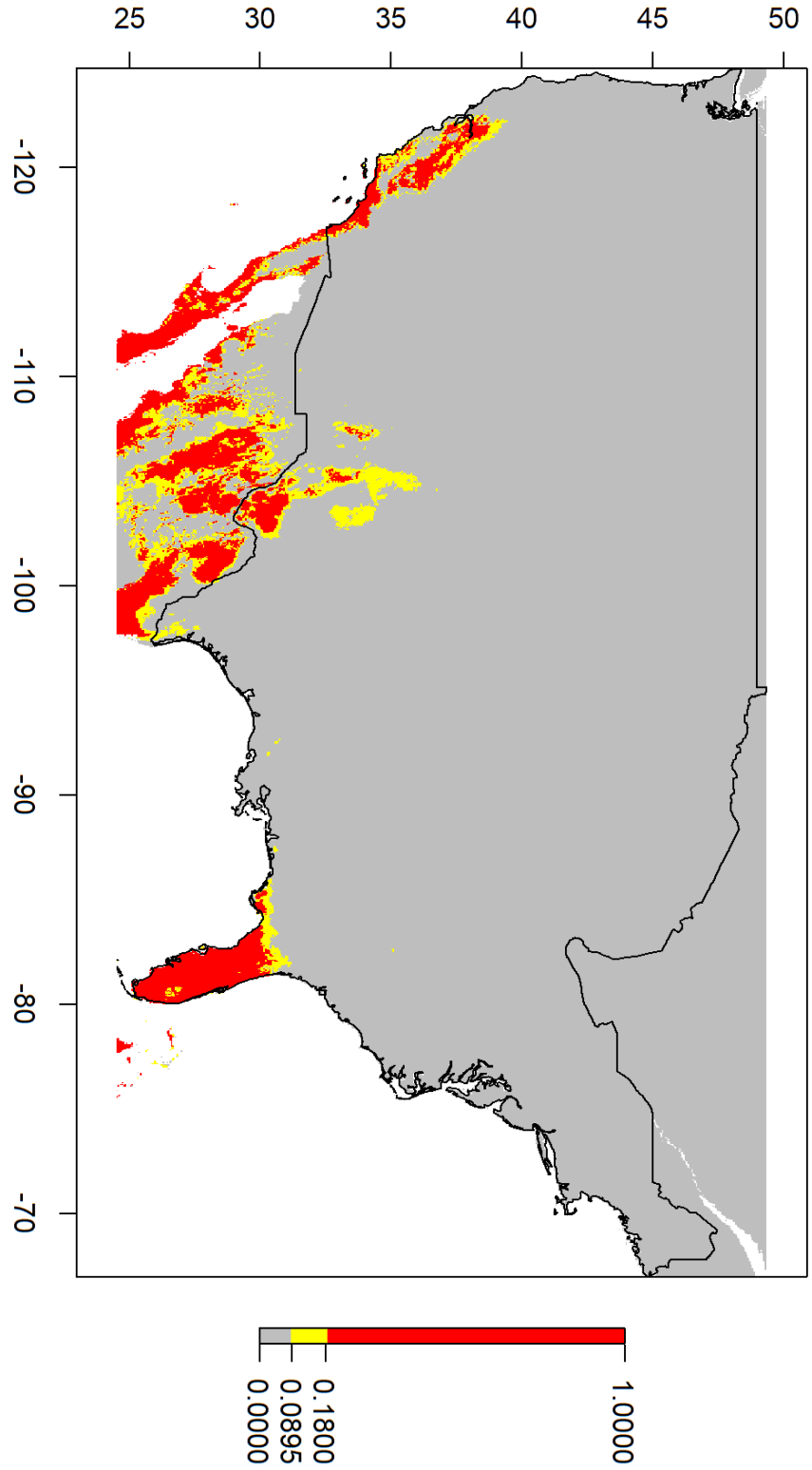


Figura 23. Proyección con umbrales de *A. coarctata* para EE.UU.

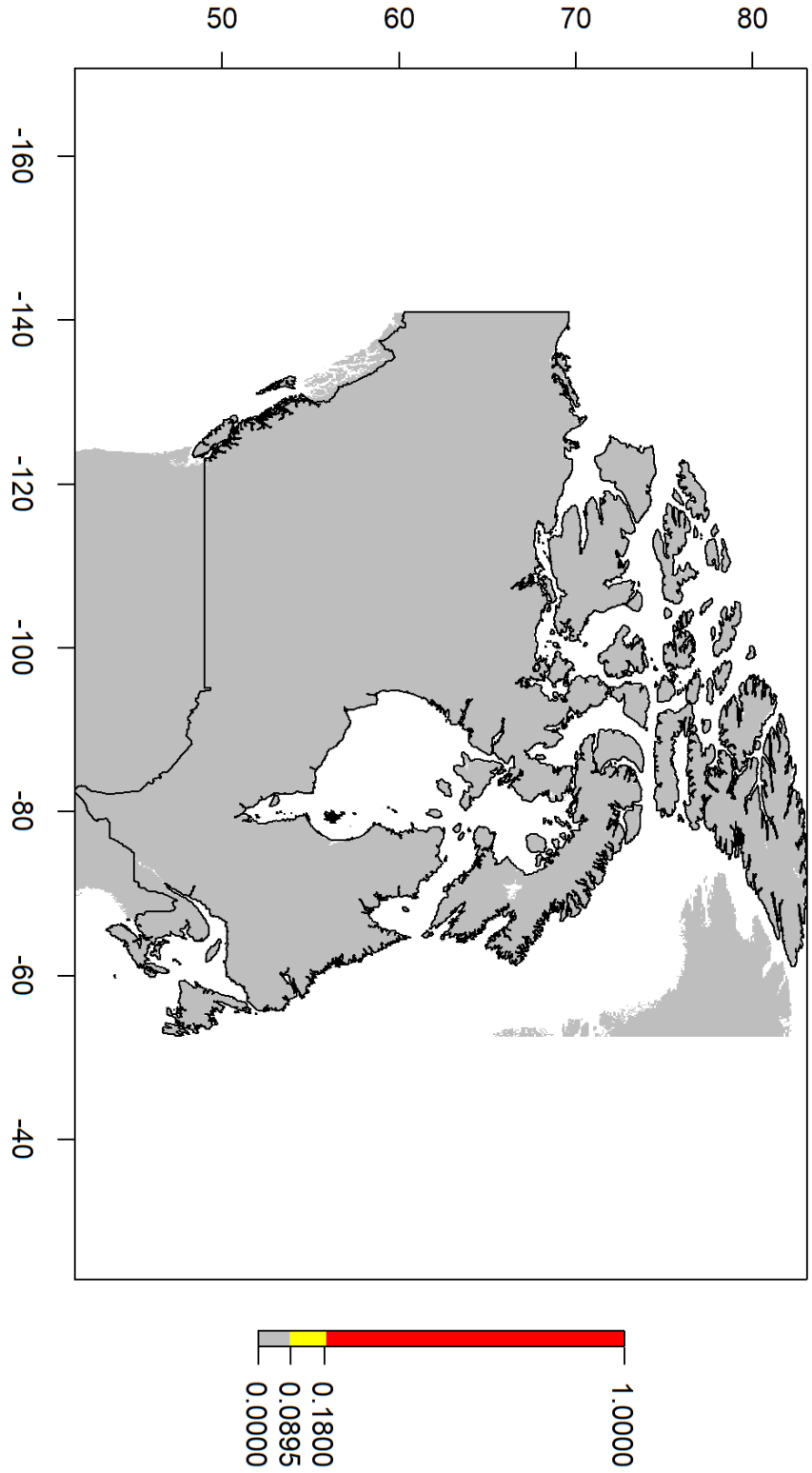


Figura 24. Proyección con umbrales de *A. coarctata* para Canadá.

### 7.2.3 *Chondromorpha xanthotricha* (Attems, 1898)



Figura 25. Aspecto dorsal de los diplosegmentos de *C. xanthotricha*.



Figura 26. Gonópodos del ♂ de *C. xanthotricha* Tomado de Recuero y García-Paris (2016).

Registros de colecciones. **MÉXICO. Chiapas.** 2 ejemplares de Carretera Villacorzo-Tuxtla Gutierrez km 74, 5 de noviembre de 2004, R. Paredes (CNAC-DI000666). **Hidalgo.** Nuevo Orizatlán, San Felipe Orizatlán, 6 de agosto de 2009, J. Islas (MyUAEH-35). **Jalisco.** 2 ejemplares de Centro Universitario de la Costa, Puerto Vallarta, 25 de julio de 2015, F. G. Cupul-Magaña; 5 ejemplares de Centro Universitario de la Costa, Puerto Vallarta, 5 de marzo de 2010, F. G. Cupul-Magaña; 8 ejemplares de Centro Universitario de la Costa, Puerto Vallarta, 19 de julio de 2012, F. G. Cupul-Magaña; 26 ejemplares de Puerto Vallarta, junio de 2006, F. G. Cupul-Magaña. **Morelos.** 1 ejemplar de Emiliano Zapata, 20 de septiembre de 2014, J. Tabullo. **Nuevo León.** 1♀ de Juárez, 1 de octubre de 2009, Laura Elena Arizpe Calvillo (FCB-DPOLY218); 1♀ de Tierra Propia 2º sector, Guadalupe, 27 de septiembre de 2011, Evelia Ramos Castro (FCB-DPOLY288); 1♀ de La Estanzuela, Monterrey, 9 de septiembre de 2017, Miriam E. Solís Barajas (FCB-DPOLY311). **Veracruz.** 1♀ Camino de El Trópico al balneario, Ángel R. Cabada, La Florida, 9 de octubre de 2001, J. Bueno-Villegas (MyUAEH-24); 4 ejemplares de La Isla, Papantla, julio de 2000, Lira Castelo (CNAC-DI000271). **Yucatán.** 2♂♂, 5♀♀ Hotel Hacienda Inn, Mérida, 22 de septiembre de 2011, J. Bueno-Villegas (MyUAEH-248).

Registros de literatura. Cupul-Magaña (2011), Cupul-Magaña y Bueno-Villegas (2017), Cupul-Magaña y Shelley (2011), Cupul-Magaña *et al.* (2014), Hoffman (1999), Likhitrakarn *et al.* (2017), Shelley (2000) y Shelley y Cupul-Magaña (2007).

Registros de GBIF. [https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon\\_key=1017776](https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=1017776)  
Belice, Ecuador, Fiji, EE.UU., India, Seychelles, Sri Lanka y Trinidad y Tobago.

De los 19 registros iniciales (Figura 27), 2 fueron eliminados por ser duplicados (Figura 28, Anexo 15). Los valores de las curvas ROC (Figuras 29 y 30) para la validación cruzada en bloques (Figura 29) y jackknife (Figura 30) fue superior a 0.7. En el modelo de esta especie las variables bioclimáticas que más contribuyeron fueron BIO13 (precipitación del mes más húmedo - 34%), BIO18 (precipitación del cuarto más cálido - 13%) y BIO03 (isotermia - 12%) (Figura 31). La proyecciones con umbrales y logísticas del modelo mostró que es más probable que esta especie se establezca en ambas costas de México así como la península de Yucatán (Figura 32, Anexos 16 y 17), el sureste de Estados Unidos (Figura 33, Anexos 18 y 19) y poco probable que se establezca en Canadá (Figura 44, Anexos 20 y 21).

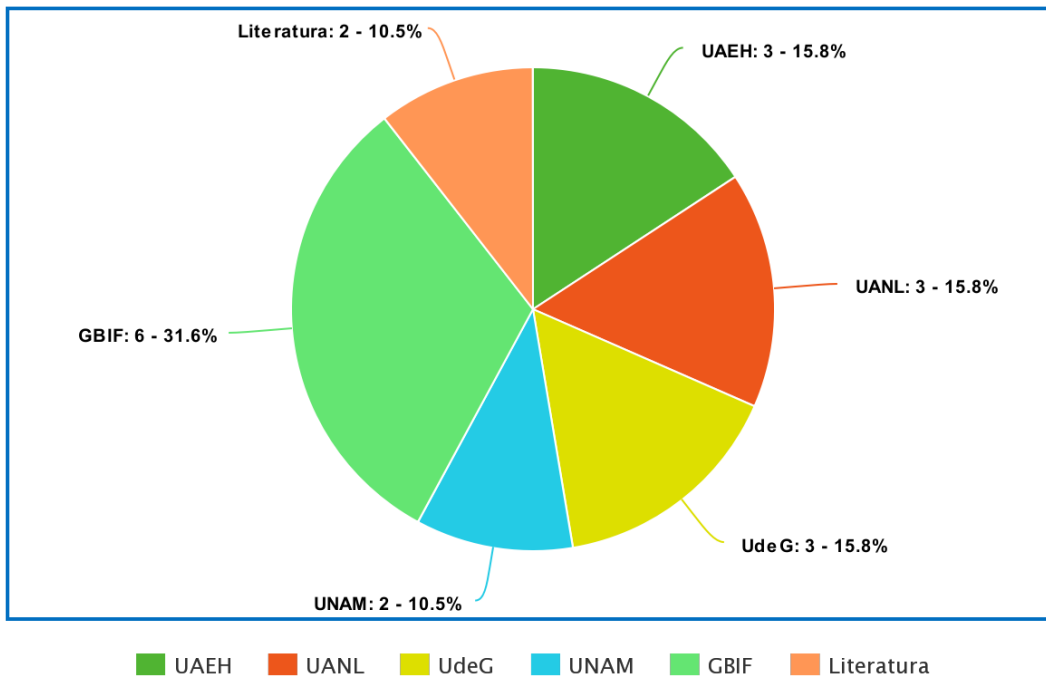


Figura 27. Número de registros usados de la especie *C. xanthotricha* por fuente, así como su porcentaje.





Figura 28. Mapa de registros iniciales para *C. xanthotricha*

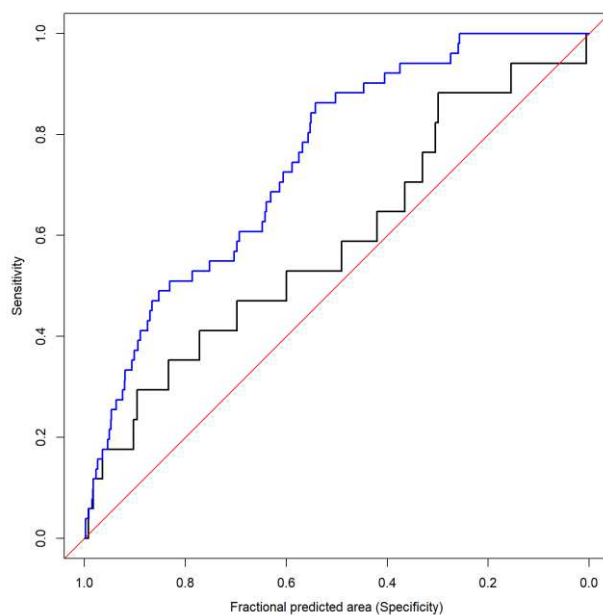


Figura 29. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de *C. xanthotricha*. Valores: AUC-test= 0.652, AUC-train= 0.749.

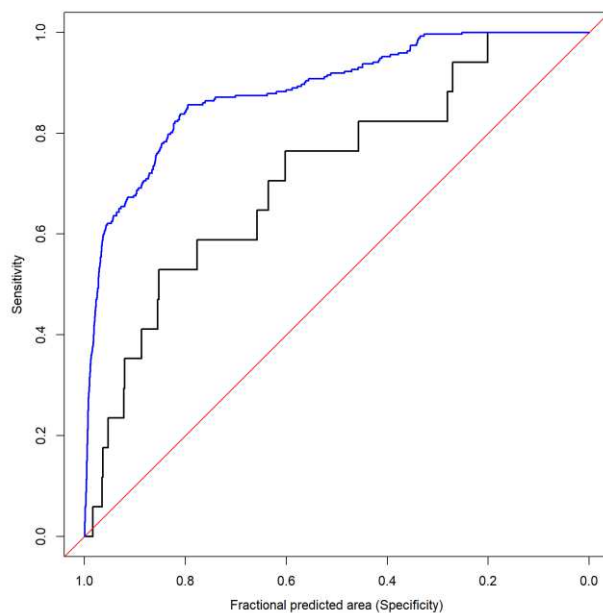


Figura 30. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de jackknife (17 grupos) en los registros de *C. xanthotricha*. Valores: AUC-test= 0.727, AUC-train= 0.885.

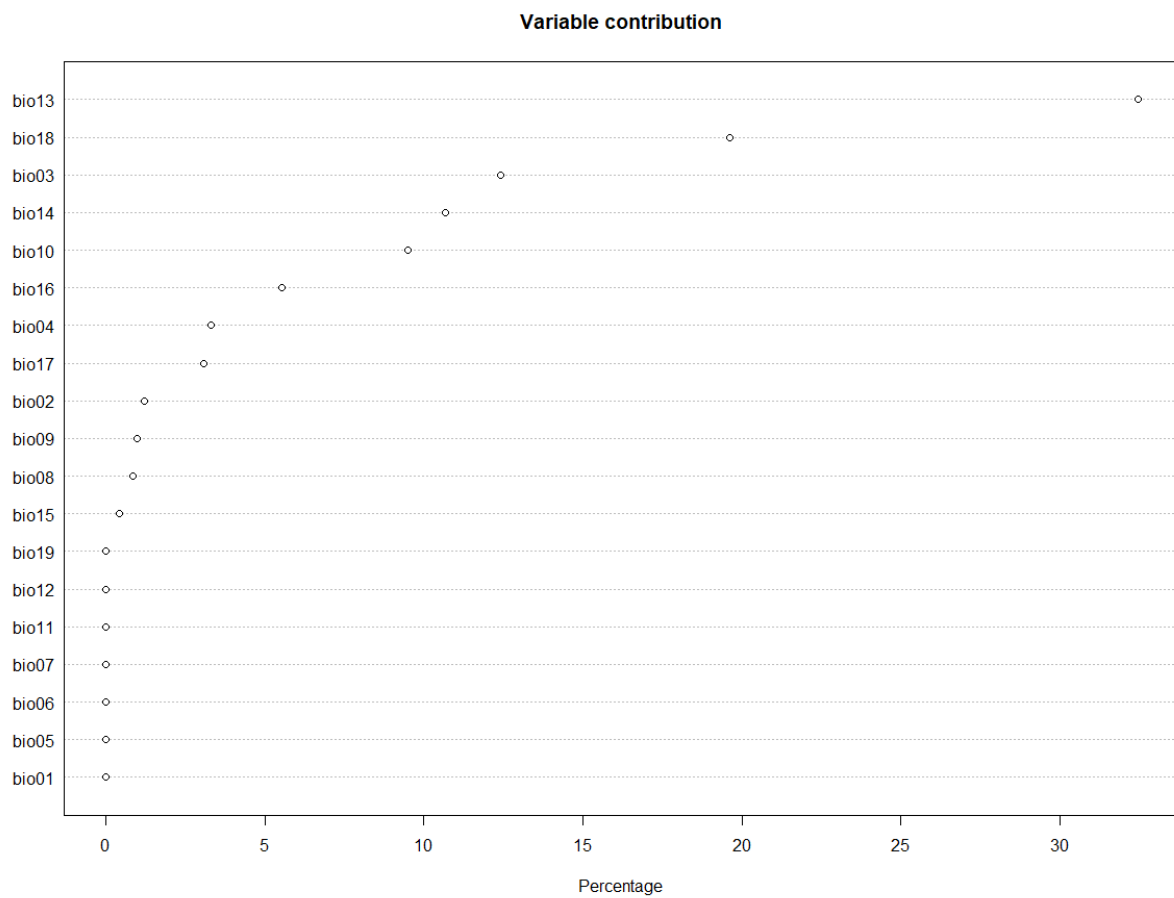


Figura 31. Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie *C. xanthotricha*.

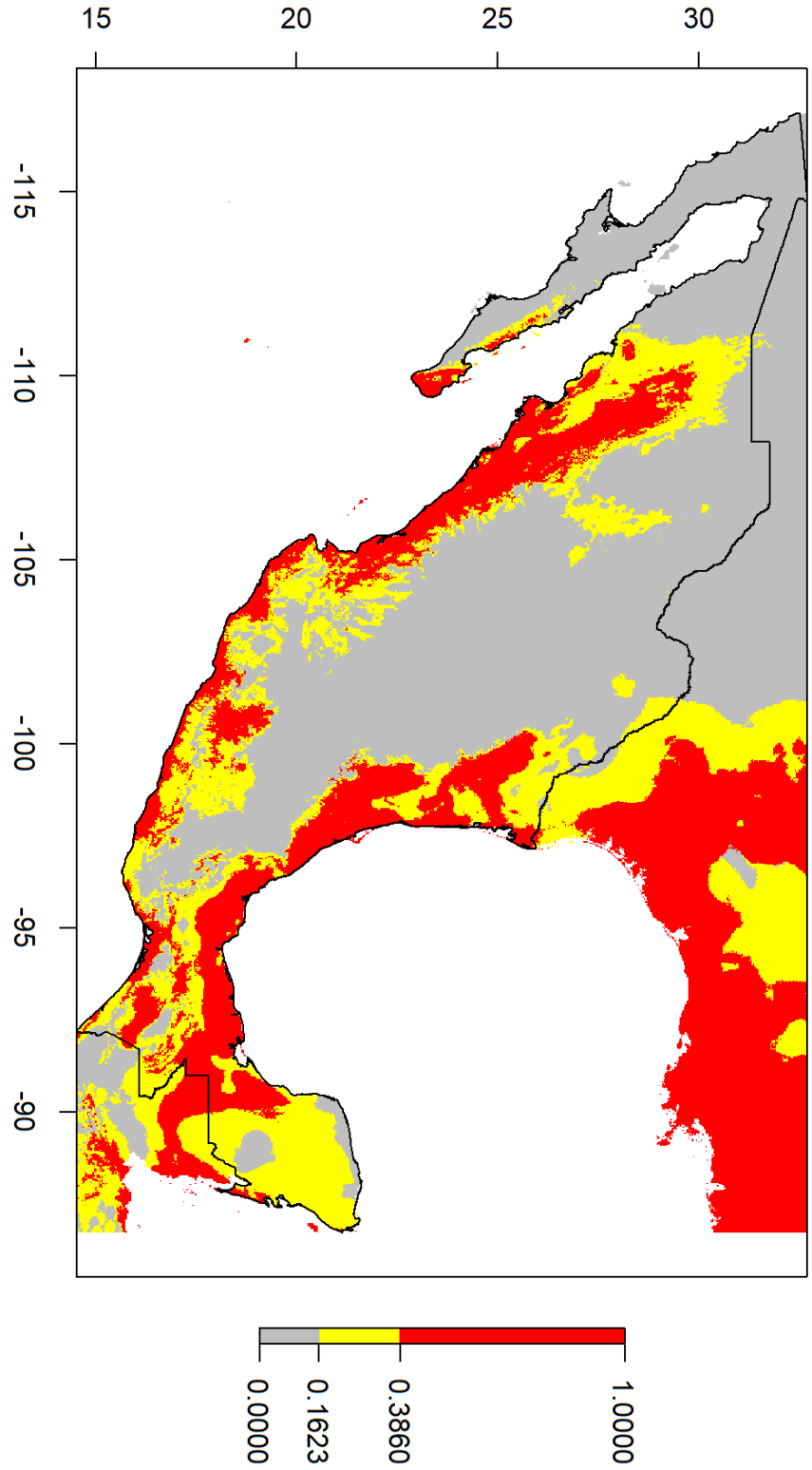


Figura 32. Proyección con umbrales de *C. xanthotricha* para México.

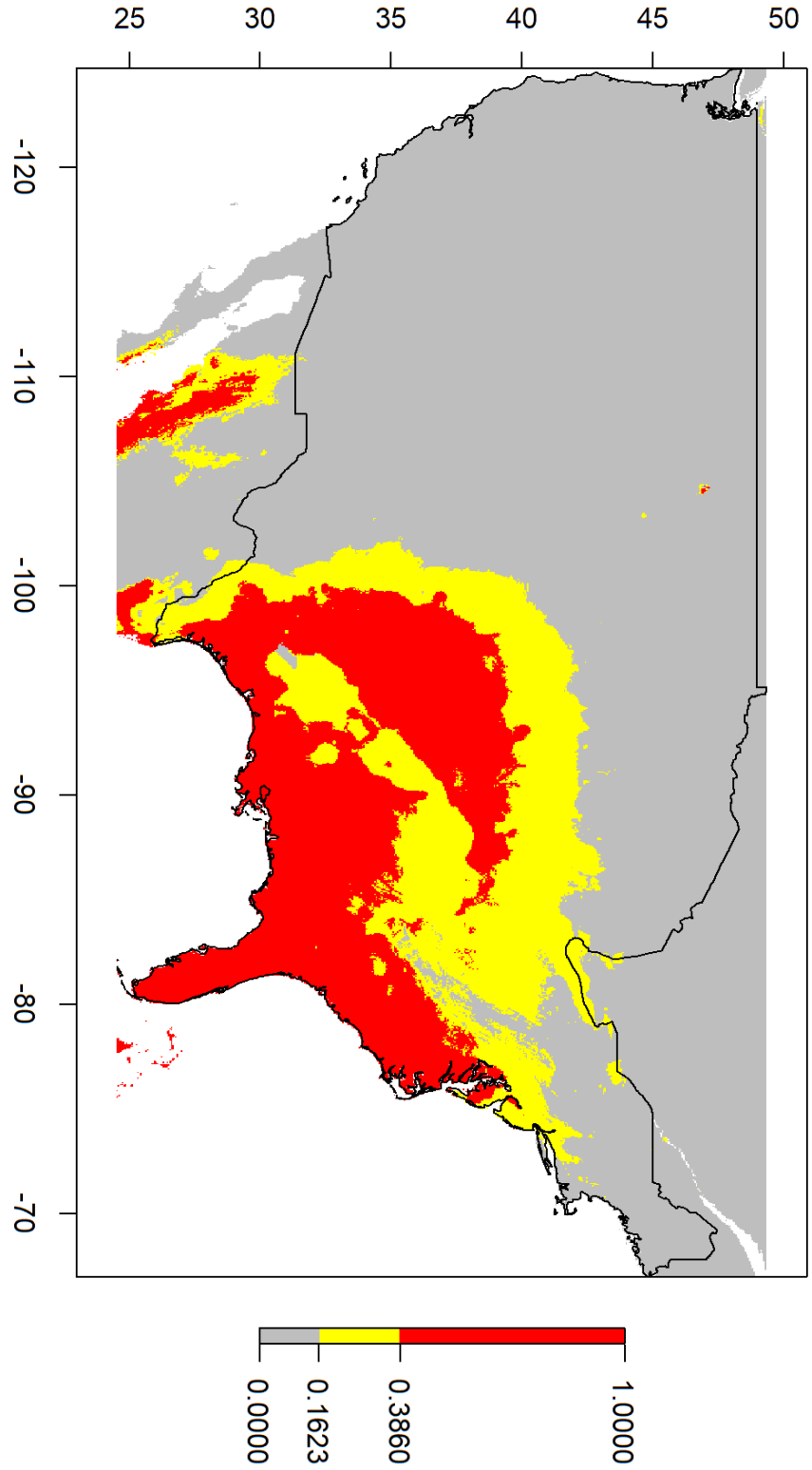


Figura 33. Proyección con umbrales de *C. xanthotricha* para EE.UU.

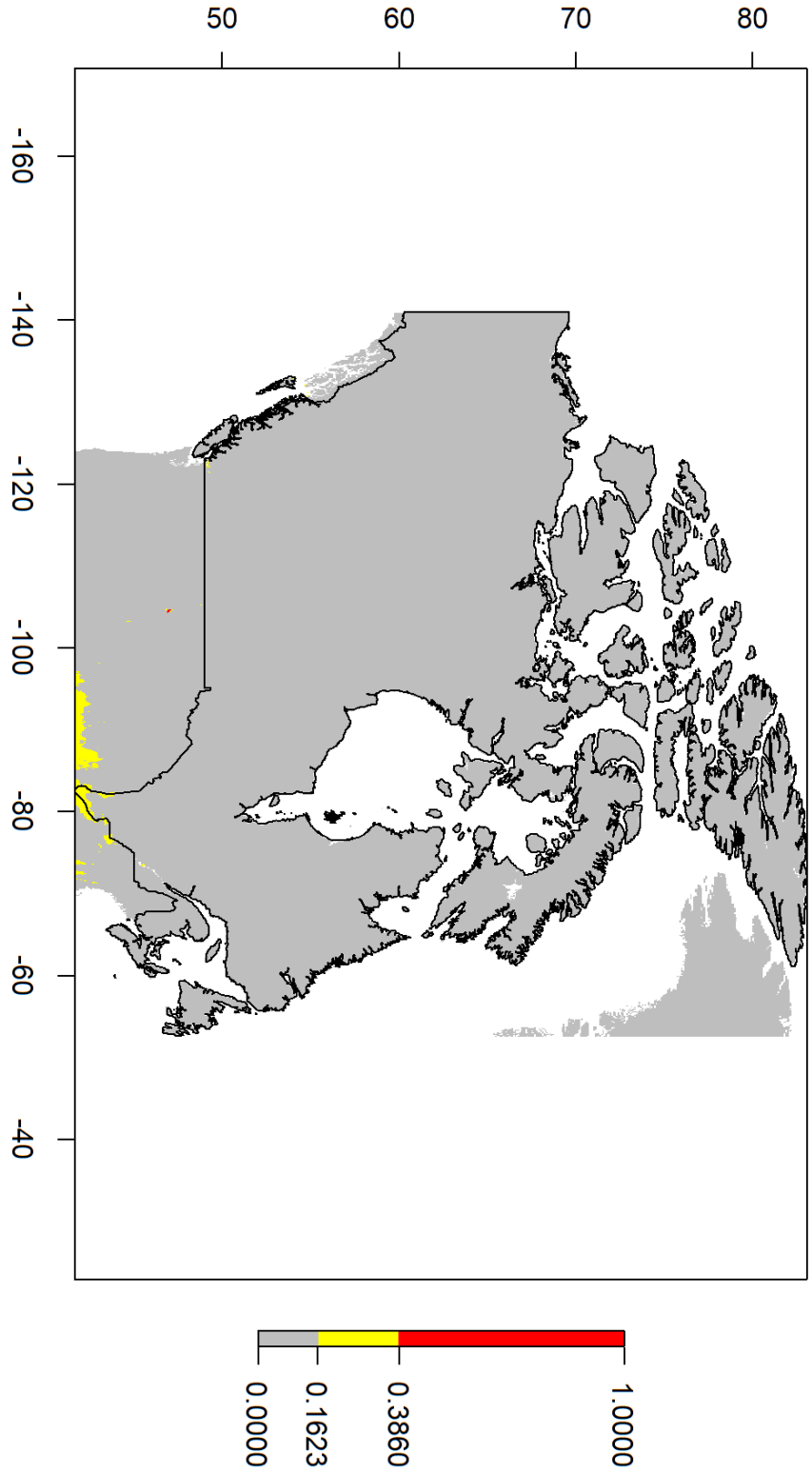


Figura 34. Proyección con umbrales de *C. xanthotricha* para Canadá.

#### 7.2.4 *Helicorthomorpha holstii* (Pococok, 1895)



Figura 35. Aspecto dorsal de los diplosegmentos de *H. holstii*. Tomado de Howarth y Shelley (2008).

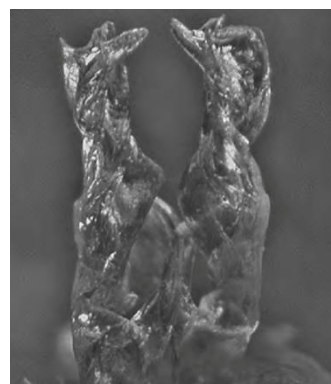


Figura 36. Gonópodos del ♂ de *H. holstii* Tomado de Howarth y Shelley (2008).

Registros de colecciones. Ninguno.

Registros de literatura. Howarth y Shelley (2008), Shelley (2000), Shelley y Edwards (2001).

Registros de GBIF. [https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon\\_key=1017372](https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=1017372)

China, EE.UU. Taiwán, Vietnam.

De los 43 registros iniciales (Figura 37), 8 fueron eliminados por estar ubicados en la misma celda que otro registro (Figura 38, Anexo 22). Los valores de las curvas ROC (Figuras 39 y 40) para la validación cruzada en bloques (Figura 39) y la validación cruzada aleatoria (Figura 40) fue superior a 0.7. En el modelo de esta especie las variables bioclimáticas BIO02 (rango medio diario: 37%), BIO15 (estacionalidad de la precipitación: 13%) y BIO08 (precipitación del cuarto más cálido: 12%) fueron las variables que más contribuyeron (Figura 41). La proyecciones con umbrales y logísticas del modelo mostró que es más probable que esta especie se establezca en la península de

Yucatán en México (Figura 42, Anexos 23 y 24), el extremo sureste de Estados Unidos (Figura 43, Anexos 25 y 26) y poco probable que se establezca en Canadá (Figura 44, Anexos 27 y 28).

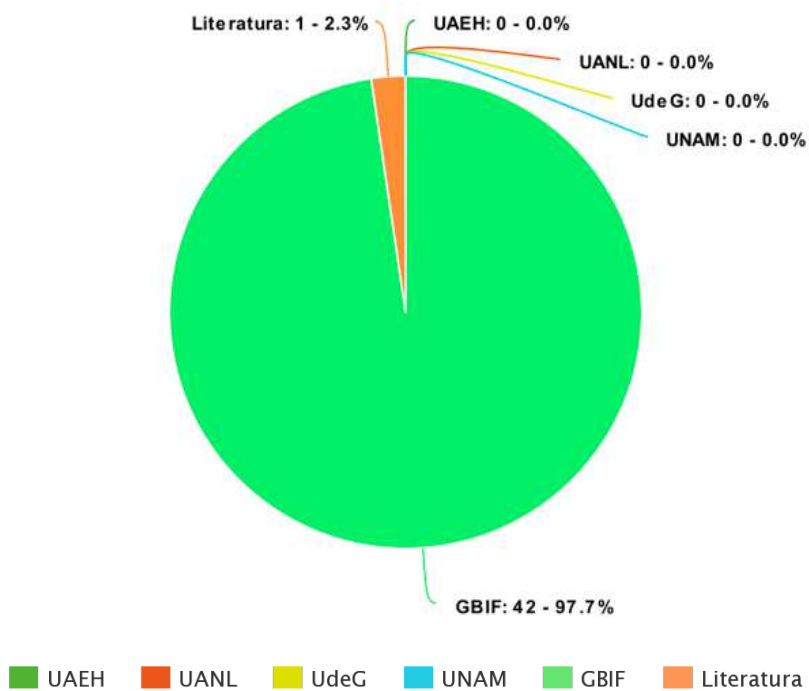


Figura 37. Número de registros usados de la especie *H. holstii* por fuente, así como su porcentaje.



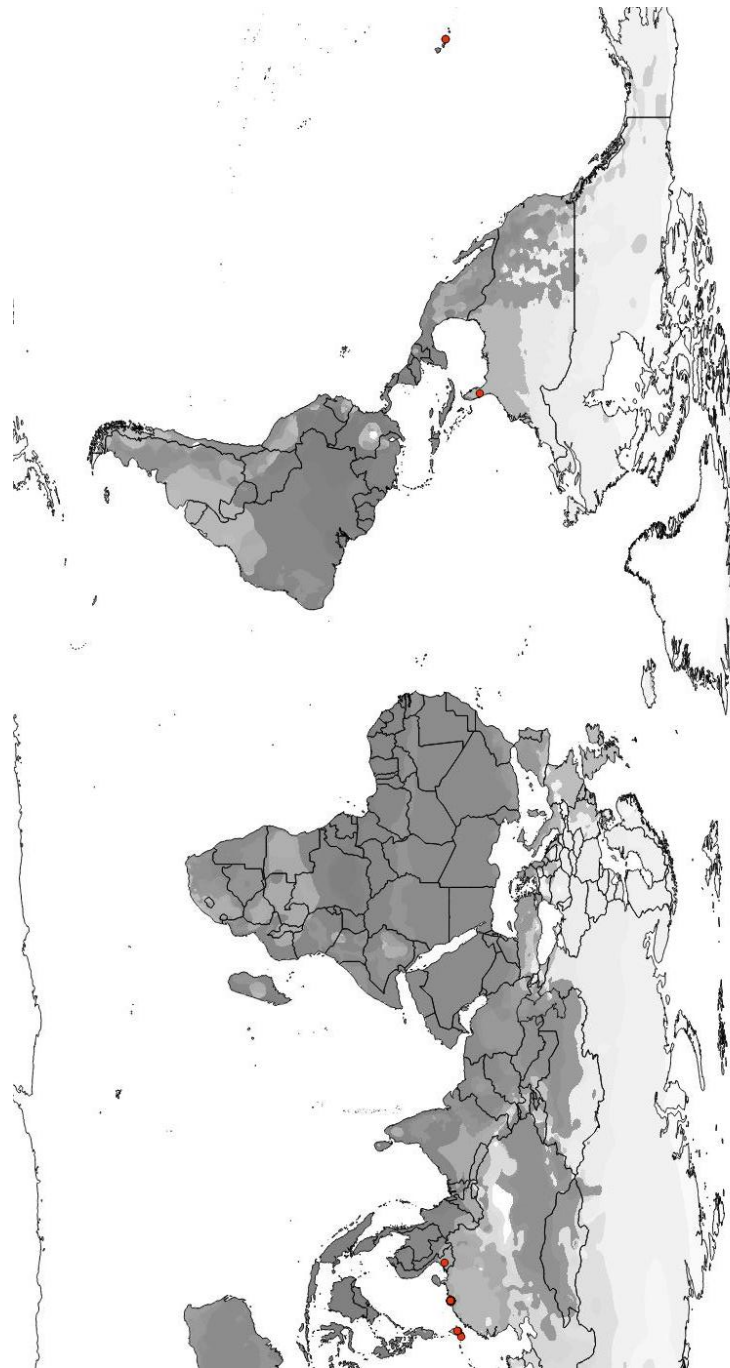


Figura 38. Mapa de registros iniciales para *H. holstii*.

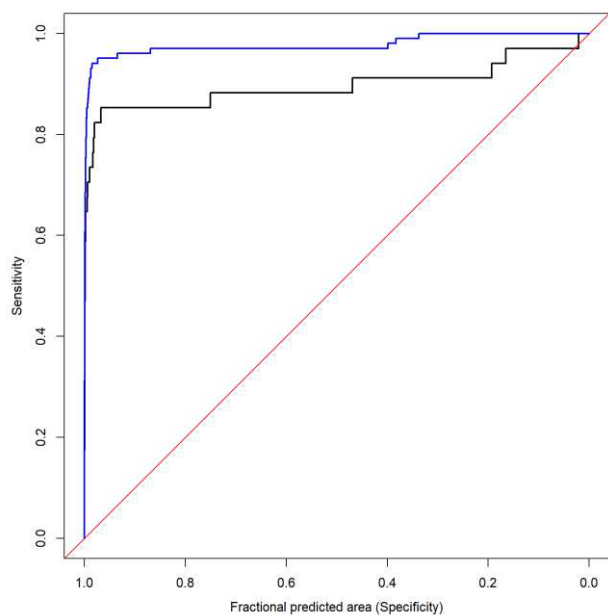


Figura 39. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de *H. holstii*. Valores: AUC-test= 0.877, AUC-train= 0.978.

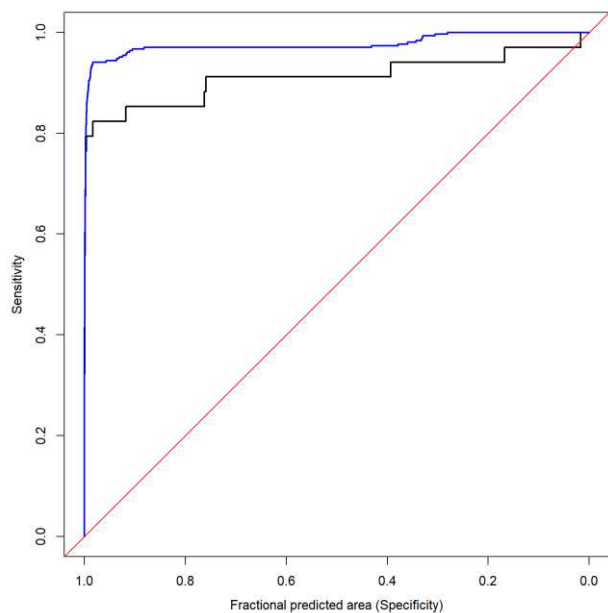


Figura 40. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de *H. holstii*. Valores: AUC-test= 0.918, AUC-train= 0.976.

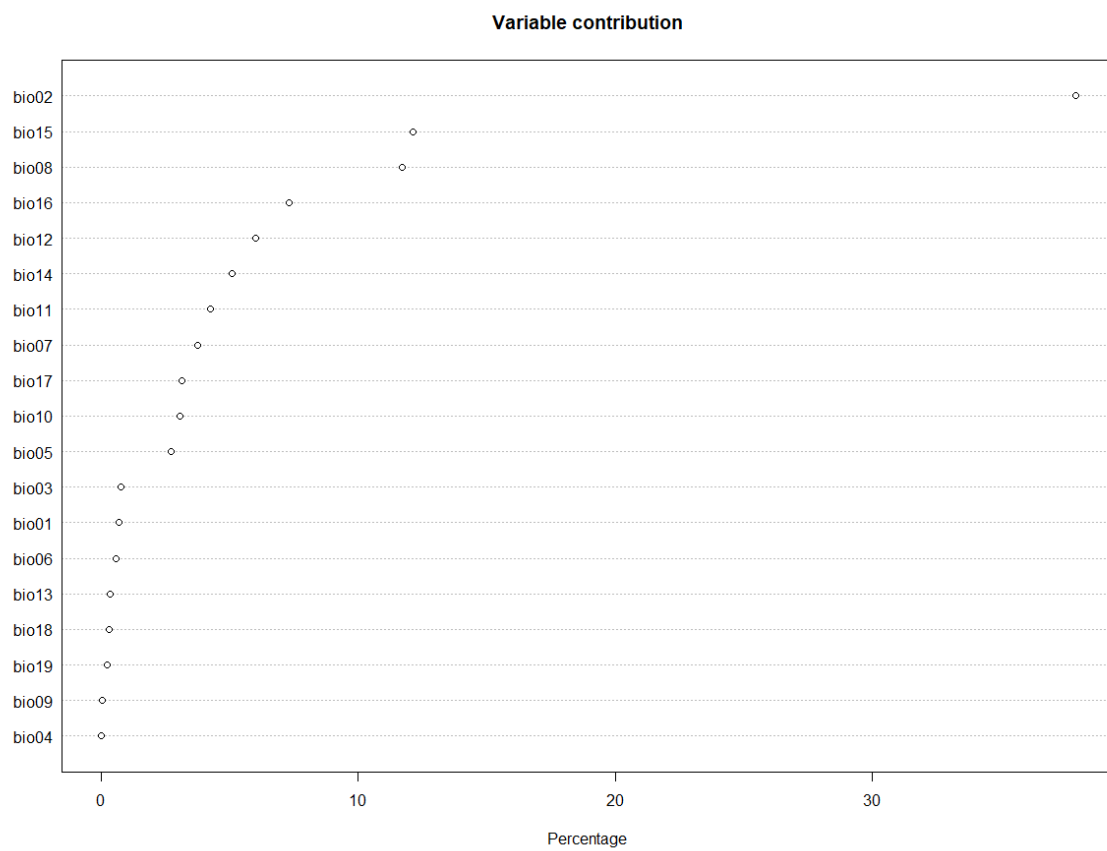


Figura 41. Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie *H. holstii*.

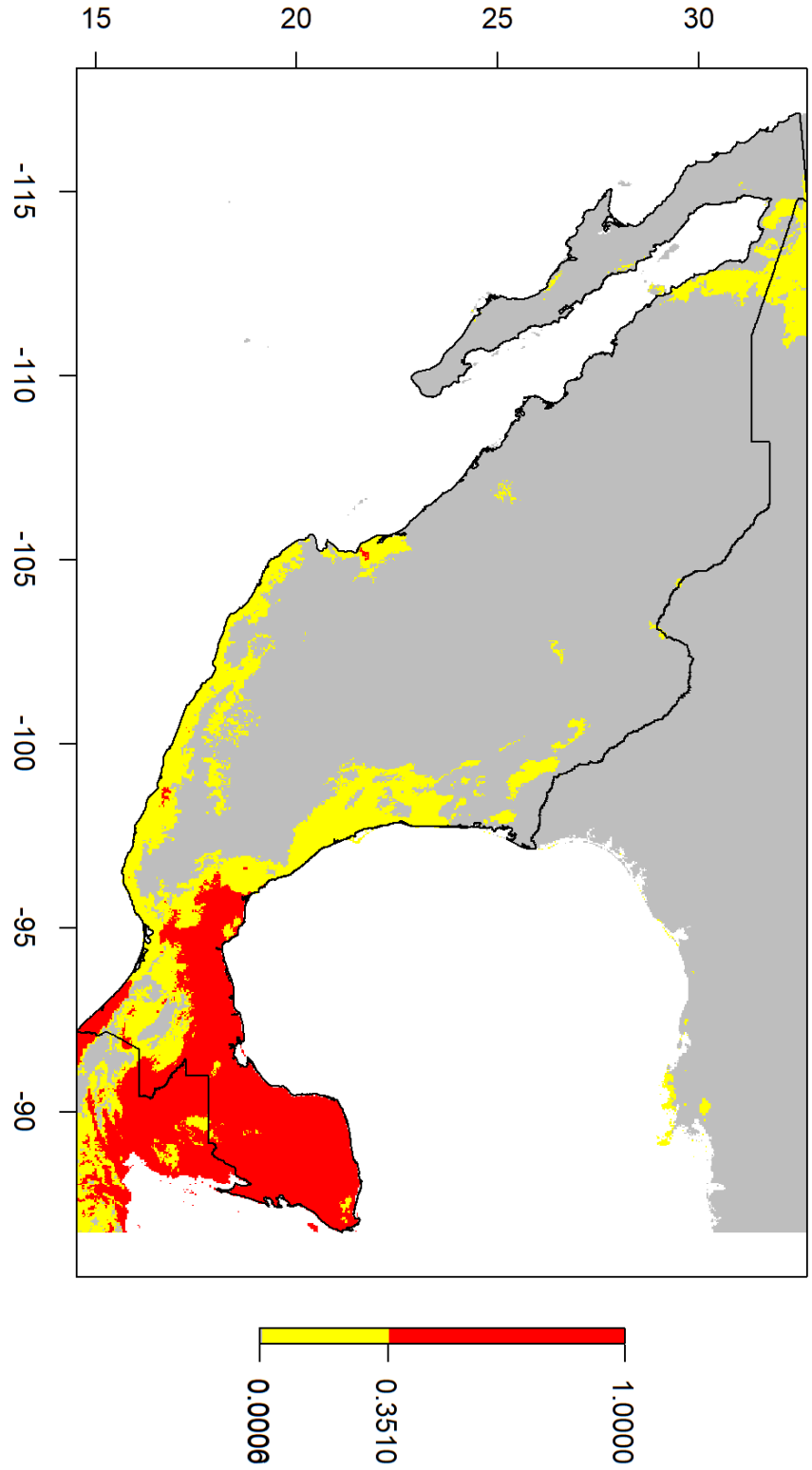


Figura 42. Proyección con umbrales de *H. holstii* para México.

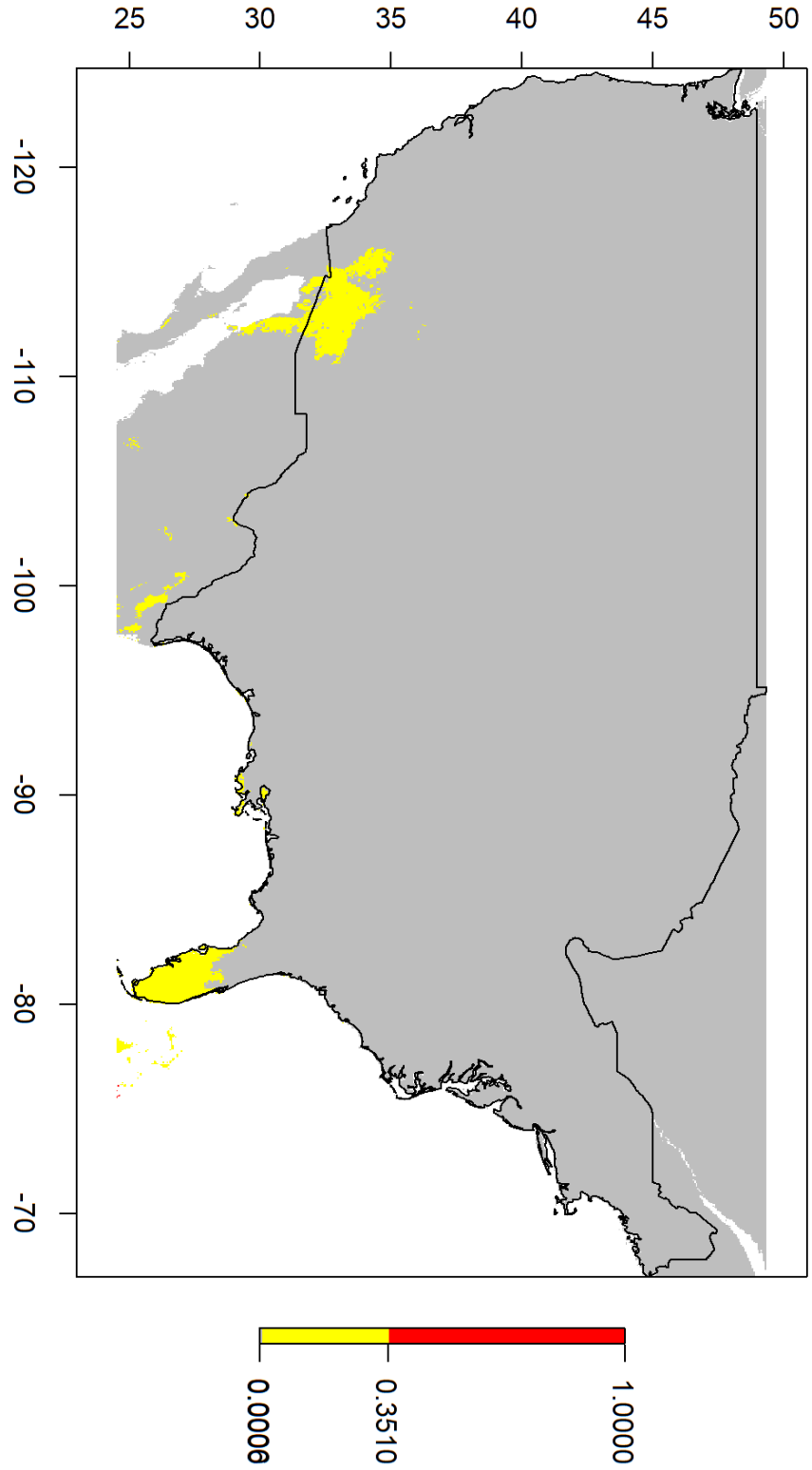


Figura 43. Proyección con umbrales de *H. holstii* para EE.UU.

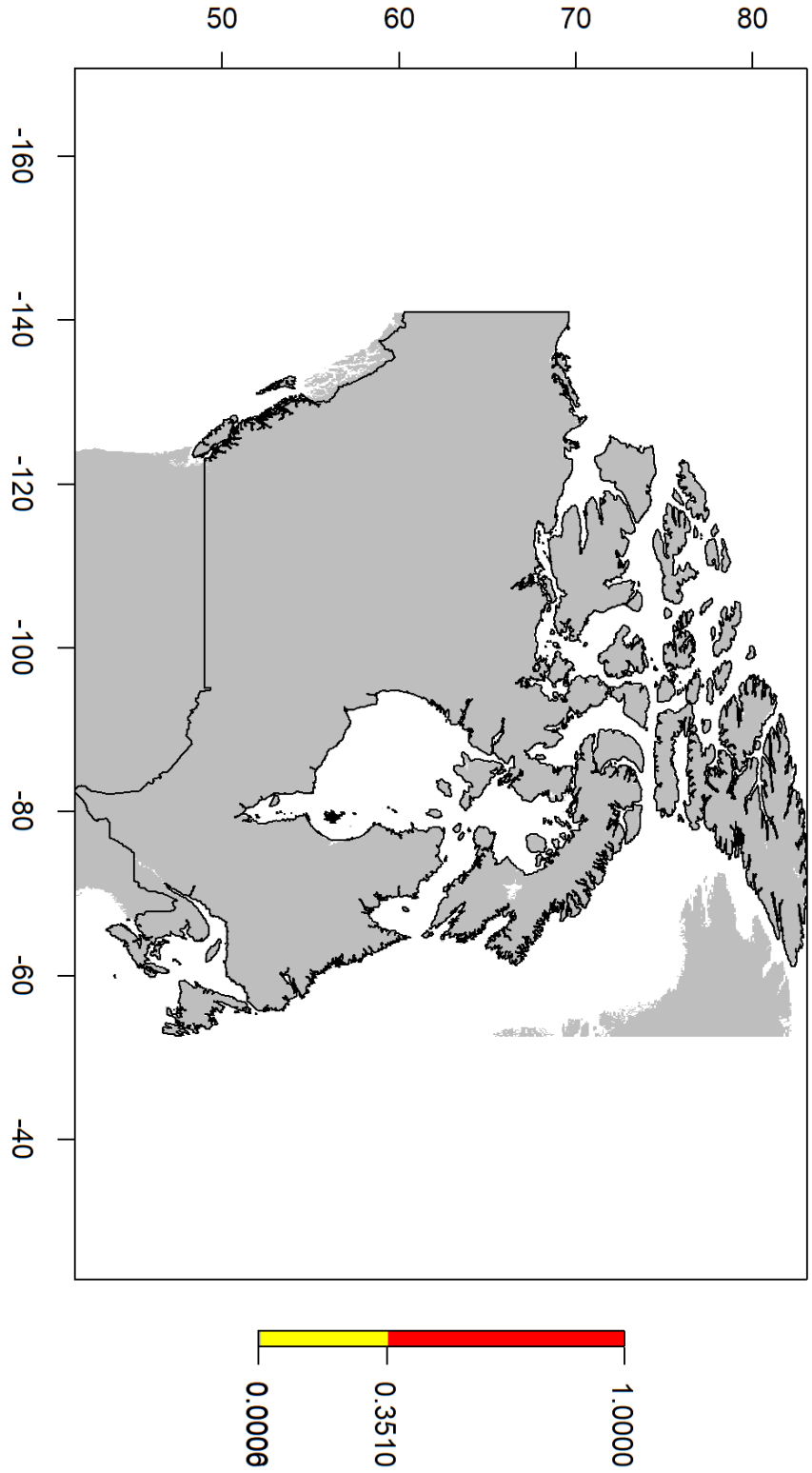


Figura 44. Proyección con umbrales de *H. holstii* para Canadá.

### 7.2.5 *Oxidus gracilis* (C.L. Koch, 1847)



Figura 45. Aspecto dorsal de los diplosegmentos de *O. gracilis*.



Figura 46. Gonópodos del ♂ de *O. gracilis*. Tomado de Suriel (2011).

**Registros de colecciones. EE.UU. Carolina del Norte.** 7♂♂ 7♀♀ de Área Nacional Otter Creek, 8 de Septiembre de 2002, J. Bueno-Villegas (MyUAEH-36). **MÉXICO. Coahuila.** 9♂♂ 14♀♀ de Saltillo, 10 de septiembre de 1981, Azaela Vega T. (DPOLY196) **Nuevo León.** 1♂ de Galeana, 26 de marzo de 2017, Manuel de Luna (DPOLY173); 2♀♀ de Valle Dorado, Allende, 4 de septiembre de 2005, Diana Aguirre (DPOLY174); 2♀♀ de Raíces, Allende, 16 de abril de 1988, Jorge A. Molina Hernández, (DPOLY175); 2♂♂ 1♀ de Allende, 23 de mayo de 1989, Gerardo J. Botello T. (DPOLY176); 2♂♂ de Allende, 4 de octubre de 2017, Celina Martínez E. (DPOLY177); 1♂ 3♀♀ de Raíces, Allende, 20 de septiembre de 1986, Magdalena Luz Delgado (DPOLY178); 1♂ 12♀♀ de Cadereyta, 19 de agosto de 2017, Berenice García Davis (DPOLY179); 3♂♂ de Cadereyta, 16 de mayo de 1988, Y. Ruiz Villalpando (DPOLY181); 2♀♀ de Cadereyta, 24 de agosto de 2017, Itzel Jiménez Manzano (DPOLY182); 1♂ 1♀ de Linares, 20 de marzo de 2005, Elvira Isabel Cadena López (DPOLY183); 2♀♀ de Linares, 11 de enero de 1985, Fernando Medina (DPOLY184); 2♀♀ de Colonia Pueblo Nuevo, Apodaca, 15 de octubre de 2017, Manuel Uscanga (DPOLY185); 5♀♀ de Apodaca, 9 de junio de 1987, Daniel Acosta Castillo (DPOLY186); 3♂♂, 1♀ de Colonia Pueblo Nuevo, Apodaca, 3 de septiembre de 2017, Enrique Barco (DPOLY187); 1♂ 1♀ de Bosque Escuela UANL, Iturbide, 22 de septiembre

de 2017, Alejandra Gaytán (DPOLY190); 1♂ 2♀♀ de Morelos, 8 de noviembre de 1981, Graciela Gpe. Valenciano Cedillo (DPOLY191); 3♂ 2♀ de Valle de Hidalgo, Morelos, 2 de octubre de 1983, Ricardo Islas (DPOLY192); 2♂♂ de Agualeguas, Luis F. Calderón. S. (DPOLY193); 1♀ de Colonia Pablo de Los Santos, Sabinas Hidalgo, 6 de mayo de 2011, Greta Guadiana Padilla (DPOLY194); 1♂, 2♀♀ de Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, 1 de octubre de 2016, Nara I. Corona (DPOLY197); 3♂♂ de Parque Niños Héroes, Monterrey, 6 de febrero de 2013, Katia Rodríguez Elizondo (DPOLY198); 2♂♂ 2♀♀ de Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, 19 de octubre de 2017, Mario Rivera (DPOLY199); 4♀♀ de Colonia Nogalar, San Nicolás de los Garza, 5 de mayo de 1982, Jesús Ramiro Rodríguez Cantú (DPOLY200); 1♂ 3♀♀ de Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, 20 de septiembre de 2011, Damaris Vázquez (DPOLY201); 2♀ de Colonia Arboledas de Santo Domingo, 22 de octubre de 2005, Ernesto E. Flores Gutiérrez (DPOLY202); 2♂♂ 1♀ de Ciudad Universitaria. San Nicolás de los Garza, 19 de octubre de 2017, Mario Rivera (DPOLY203); 2♂♂ de Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, 13 de septiembre de 2017, Karla Giselle Caballero C. (DPOLY205); 4♀♀ de Anáhuac, 14 de marzo de 1987, Ma. T. Nado de la Parra (DPOLY206); 1♂ 5♀♀ de Gran Parque de San Nicolás, San Nicolás de los Garza, 11 de marzo de 2011, Cecilia Marisol Quiroz Acosta (DPOLY208); 2♂♂ 3♀♀ de San Nicolás de los Garza, 16 de enero de 1982, Efrén Cázares González (DPOLY209); 4♀♀ de Salinillas, Anáhuac, 13 de marzo de 1987, Yoanna Esquivel (DPOLY210); 1♂ 1♀ de La Huasteca, Santa Catarina, 2 de mayo de 2005, Ricardo Sánchez Gómez (DPOLY211); 1♂ 2♀♀ de La Huasteca, Santa Catarina, 4 de mayo de 2005, Diana K. Rodríguez C. (DPOLY212); 1♂ 1♀ de La Huasteca, Santa Catarina, 30 de diciembre de 1984, J. Rodríguez Meléndez (DPOLY213); 1♂ de La Huasteca, Santa Catarina, 1 de mayo de 2005, Conrado González Barajas (DPOLY214); 1♂ 1♀ de Santa Catarina, 18 de octubre de 2005, Myriam Aguilos (DPOLY215); 1♂ 1♀ de Ejido La Ciudadela, Juárez, 13 de octubre de 2005, Cynthia Rodríguez Campos (DPOLY216); 1♀ de Ejido La Ciudadela, Juárez, 13 de octubre de 2005, Rocío Martínez (DPOLY217); 4♀♀ de Juárez, 26 de agosto de 1997, Víctor M. Ortega (DPOLY219); 3♀♀ de San Roque, Juárez, 3 de mayo de 2005, Francisco Miramontes (DPOLY220); 2♂♂ 2♀♀ de San Roque, Juárez, 7 de julio de 1992, O. C.



Rosas y Rosas (DPOLY221); 1♀ de Ejido La Ciudadela, Juárez, octubre de 2005, Israel Loera Carrizalez (DPOLY222); 1♂ 1♀ de San Roque, Juárez, 16 de abril de 2005, Reynaldo de León (DPOLY223); 1♂ 2♀♀ de Charco Azul, Santiago, 9 de octubre de 2005, Josué Franco B. (DPOLY224); 1♀ de Juárez, 15 de diciembre de 2005, José M. L. (DPOLY225); 3♀♀ de San Roque, Juárez, 3 de mayo de 2005, Rafael Vivas González (DPOLY226); 1♂,1♀ de El Barrial, Santiago, 1 de septiembre de 2013, Adilson García (DPOLY228); 3♀♀ de Camino a Cola de Caballo, Santiago, 22 de enero de 2011, Jaime A. Villanueva Lumbreras (DPOLY229); 2♀♀ de Santiago, 30 de septiembre de 2017 Nelly Magaly Hernández S. (DPOLY230); 1♂ 1♀ de El Cercado, Santiago, 9 de abril de 2005, Josué Franco B. (DPOLY231); 1♂ 2♀♀ de Las Margaritas, Santiago, 6 de octubre de 2017, Edwin Gabriel González Ramírez (DPOLY232); 2♀♀ de Las Margaritas, Santiago, 1 de octubre de 2017, Daniel Carvajal (DPOLY233); 2♂♂ 1♀ de Las Margaritas, Santiago, 6 de octubre de 2017, Fanny Jazmín Pizarro Grimaldo (DPOLY234); 1♀ de El Barrial, Santiago, 24 de octubre de 2005, Conrado González Barajas (DPOLY235); 3♂♂, 5♀♀ de Las Margaritas, Santiago, 7 de octubre de 217, Francisco Sepúlveda (DPOLY236); 1♂ 4♀♀ de Cola de Caballo, Santiago, 15 de octubre de 1973, G. García D. (DPOLY237); 1♂ 1♀ de Los Cavazos, Santiago, 17 de octubre de 2004, D. Rodríguez Corral (DPOLY238); 1♂ 2♀♀ de Charco Azul, Santiago, 11 de octubre de 1997, Sanjuana García G. (DPOLY239); 2♂♂ 3♀♀ de Charco Azul, Santiago, 11 de octubre de 1997, M. Quintanilla P. (DPOLY240); 1♂,2♀♀ de Presa de la Boca, Santiago, 8 de mayo de 1982, Jorge A. Lira Martínez (DPOLY241); 6♂♂ 25♀♀ de Presa de La Boca, Santiago, 24 de marzo de 2007, Carlos Antonio Usquiano Guel (DPOLY242); 2♂♂ de El Cerrito, Santiago, 13 de diciembre de 1981, Alberto Zepeda (DPOLY243); 1♂ 1♀ de Las Margaritas, Santiago, 6 de octubre de 2017, Sandra Pérez (DPOLY244); 1♂,1♀ de Santiago, 21 de diciembre de 1986, I. Vázquez (DPOLY245); 3♂♂ 3♀♀ de Los Cavazos, Santiago, 1 de julio de 1987, Francisco Vázquez N. (DPOLY246); 4♂♂,10♀♀ de Las Margaritas, Santiago, 7 de octubre de 2017, Luis Garduño (DPOLY247); 3♂♂ 1♀ de Charco Azul, Santiago, 11 de octubre de 1997, J. García M. (DPOLY248); 2♀♀ de Las Margaritas, Santiago, 6 de octubre de 2017, Hugo Alejandro Rodríguez Garza (DPOLY250); 13♀♀ de Cola de Caballo, Santiago, 1 de marzo de 1987, Pachicano R. (DPOLY251); 2♀♀ de Las Margaritas, Santiago, 6 de

octubre de 2017, Kenia Arisbe Moreno Amador (DPOLY252); 3♀♀ de Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, 19 de septiembre de 1998, M. Hernández Cruz, (DPOLY253); 4♂♂ 2♀♀ de Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, 27 de octubre de 1981, José Luis Escareño A. (DPOLY254); 4♂♂ 1♀ de Zona Centro, San Pedro Garza García, 30 de agosto de 2012, Miguel Ángel Martínez Rodríguez (DPOLY255); 2♀♀ de San Pedro Garza García, 19 de octubre de 2017, Sara Rodríguez (DPOLY256); 2♂♂ 1♀ de Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, 5 de diciembre de 1987, Juan De Dios Pinal Mansilla (DPOLY257); 3♀♀ de Zona Centro, San Pedro Garza García, 30 de agosto de 2012, Miguel Ángel Martínez Rodríguez (DPOLY258); 2♂♂,3♀♀ de centro de San Pedro Garza García, 30 de agosto de 2012, Miguel Martínez (DPOLY259); 2♀♀ de Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, 26 de marzo de 1982, Daniel Morales P. (DPOLY260); 1♀♀ de centro de San Pedro Garza García, 30 de agosto de 2012, Miguel Martínez (DPOLY261); 4♂♂ 2♀♀ de Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, 13 de septiembre de 1995, Jorge Daría (DPOLY262); 2♂♂ 1♀ de Zona Centro, San Pedro Garza García, 30 de agosto de 2012, Miguel Ángel Martínez Rodríguez (DPOLY264); 3♂♂ 2♀♀ de Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, 17 de octubre de 1981, Ivonne Lara (DPOLY265); 2♂♂,2♀♀ de Cascadas del Cerro de la Silla, Guadalupe, 10 de octubre de 2017, José Ríos (DPOLY267); 6♀♀ de Cascadas del Cerro de la Silla, Guadalupe, 12 de octubre de 2015, Wilmar Flores (DPOLY269); 3♀♀ Colonia Chula Vista, Guadalupe, 28 de septiembre de 2011, Silvino Hernández Cárdenas (DPOLY270); 2♀♀ de Río Santa Catarina, Guadalupe, 18 de octubre de 2005, Omar Herrera (DPOLY271); 2♂♂ 1♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 24 de septiembre de 2011, Jorge Adán Medina Salazar (DPOLY272); 5♂♂ 1♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 1 de mayo de 2011, Damaris Rubí Vázquez Reyna (DPOLY273); 4♂♂ 1♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 17 de agosto de 2012, Amabelly Guerrero Rodríguez (DPOLY274); 1♂ 3♀♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 23 de agosto de 2012, Mariel Peña Martínez (DPOLY275); 2♂♂ 1♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 17 de septiembre de 2017, Alejandra Isabel Salgaro Rodríguez (DPOLY276); 1♂ 4♀♀ de Cerro de la Silla, Guadalupe, 4 de mayo de 2005, Carolina Cano Castillo (DPOLY277); 5♂♂ 5♀♀ de Fraccionamiento Marte, Guadalupe, 12 de Junio de 2005, Alfonso Garza (DPOLY279);

3♂♂ 1♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 2010, Francisco Javier Quiñones (DPOLY281); 3♂♂ 1♀ Cerro de la Silla, Guadalupe, 25 de noviembre de 1993, Rocío E. de la Cruz (DPOLY282); 2♂♂ 1♀ Colonia Chula Vista, Guadalupe, 12 de agosto de 2011, Silvino Hernández Cárdenas (DPOLY283); 3♂♂ 1♀ de Guadalupe, 5 de mayo de 1982, Jesús M. Garza Osuna (DPOLY284); 1♂ 2♀♀ de Las Cascadas, Guadalupe, 2010, Israel David Plata Ríos (DPOLY285); 1♂ 3♀♀ de San Roque, Juárez, 7 de diciembre de 1981, Francisco Vázquez Martínez (DPOY286); 2♂♂ 1♀ de Colonia Las Américas, Guadalupe, 4 de enero de 1985, Joel Salazar T. (DPOLY287); 1♂ 4♀♀ de Guadalupe, 12 de junio de 1987, Marco A. Guzmán Lucio (DPOLY289); 2♂♂ 4♀♀ de Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, 3 de octubre de 1981, A. Contreras R. (DPOLY290); 2♂♂ de La Estanzuela, Monterrey, 17 de septiembre de 2005, Juan Jaramillo Pineda (DPOLY291); 3♀♀ de Colonia Lagos, Guadalupe, 18 de agosto de 2013, Yarumi Jhoana Sánchez E. (DPOLY292); 1♂ 4♀♀ de Cerro de las Mitras, Monterrey 20 de junio de 1982, J. Luis Núñez (DPOLY293); 2♂♂ 1♀ de Unidad Mederos UANL, Monterrey, 4 de septiembre de 2011, Ma. Obdulia de la Cruz Reyes, (DPOLY294); 5♂♂ de Rio La Silla, Guadalupe, noviembre de 1981, Gloria García Madrigal (DPOLY295); 2♀♀ de La Estanzuela, Monterrey, 19 de octubre de 2005, Jorge Miranda Murillo (DPOLY296); 1♂ 2♀♀ de La Estanzuela, Monterrey, 9 de octubre de 2005, David Rodríguez P. (DPOLY297); 3♀♀ de Cerro de la Campana, Monterrey, 5 de septiembre de 2013, Hernán Jaramillo Gaytán (DPOLY298); 4♀♀ de Colonia Mitras Centro, Monterrey, 7 de julio de 2012, Víctor Iván Estrada de La Garza (DPOLY299); 2♀♀, de Cerro de las Mitras, Monterrey, 13 de diciembre de 1989, Cayetano Reyna (DPOLY300); 1♂ 3♀♀ de Monterrey, 23 de junio de 1988, Y. P. Sanmiguel Espinosa (DPOLY301); 1♂ 2♀♀ de Cerro de las Mitras, Monterrey, 26 de diciembre de 1981, R. Escobedo Vargas (DPOLY302); 3♀♀ de Monterrey, 6 de marzo de 1987, Ramiro David (DPOLY303); 2♂♂ de La Estanzuela, Monterrey, 7 de octubre de 2017, Alejandra Lizeth Gaytán Martínez (DPOLY304); 2♂♂ 1♀ de Cerro de la Silla, Guadalupe, 6 de abril de 2005, Y. Calderas (DPOLY305); 1♂ 2♀♀ de Cerro de la Silla, 25 de abril de 2008, Yvette Valdez García (DPOLY306); 4♀♀ de Colonia Contry, Monterrey, 1 de julio de 1990, N. A. Ontiveros Rodríguez (DPOLY307); 3♀♀ de Monterrey, 1982, Francisco Javier Padilla (DPOLY308); 2♂♂ 1♀ de La Estanzuela,

Monterrey, 30 de septiembre de 2009, Bernardo Marino (DPOLY310); 1♀ de La Estanzuela, Monterrey, 9 de septiembre de 2017 Miriam E. Solís (DPOLY311); 2♂♂ 2♀♀ de La Estanzuela, Monterrey, 18 de agosto de 2012, Ángel Alberto Vázquez Pérez (DPOLY312); 1♂ 1♀ de Unidad Mederos UANL, Monterrey, 16 de octubre de 2005, Alejandra Flores Antonio (DPOLY313); 5♂♂ 10♀♀ de Monterrey, 18 de noviembre de 1981, Raúl de León (DPOLY314); 3♀♀ de Monterrey, 16 de septiembre de 1981, Julio C. Sandoval (DPOLY315); 1♂ 2♀♀ de Unidad Mederos UANL, Monterrey, 4 de septiembre de 2011, Juan Francisco Corpus Vilches (DPOLY316); 2♀♀ de La Estanzuela, Monterrey, 7 de octubre de 2017, Carlos Abner Alejo Luna (DPOLY317); 1♂ 1♀ de Cerro del Topo Chico, Monterrey, 23 de septiembre de 2004, D. Barbosa V. (DPOLY318); 4♂♂ 1♀ de Monterrey, de 21 de abril de 1982, Carlos Gabriel Hinojosa Rodríguez (DPOLY319); 1♀ de La Estanzuela, Monterrey, 18 de julio de 2013, Carolina Jiménez (DPOLY320); 2♂♂ 3♀♀ de Las Cumbres, Monterrey, 7 de enero de 1986, Ma. C. Montelongo Segovia (DPOLY321); 1♂ 2♀♀ de La Estanzuela, Monterrey, 20 de marzo de 2007, Melina Valadez Gómez (DPOLY322); 4♀♀ de Parque Niños Héroes, Monterrey, 13 de agosto de 2013, Priscila Carolina García Guerrero (DPOLY323); 1♂ 2♀♀ de La Estanzuela, Monterrey, 20 de septiembre de 2009, Marcela Tamez Guerrero (DPOLY324); 1♀ de La Estanzuela, Monterrey, 27 de agosto de 2013, Alejandro Gallegos (DPOLY325); 4♀♀ de La Estanzuela, Monterrey, julio de 1998, Nancy T. Ríos (DPOLY326); 3♂♂ 3♀♀ de La Estanzuela, Monterrey 17 de septiembre de 2005, A. Ramírez Pineda (DPOLY327); 4♀♀ de Colonia Contry Sol, Monterrey, 2 de marzo de 2012, Ana Laura B. Millán (DPOLY328); 1♂, 2♀♀ de Río la Silla, Guadalupe, 6 de octubre de 1982, Ma de Jesús (DPOLY329); 2♂♂ 2♀♀ de Panteón La Paz, Guadalupe, 9 de septiembre de 2012, Manuel de Luna (DPOLY330); 3♂♂ 4♀♀ de Monterrey, 5 de mayo de 1984, P. L. Salinas Cantú (DPOLY332). **Hidalgo.** 1♂ 2♀♀ Reserva Barranca de Metztlán, 14 de julio de 2009, J. Bueno-Villegas (MyUAEH-23); **Tamaulipas.** 1♀ de Reserva de la Biosfera El Cielo, Gómez Farías, 22 de marzo de 2015, Manuel de Luna (DPOLY195).

Registros de literatura. Benett *et al.* (1973), Causey (1943), Cook (1842), Cupul-Magaña y Bueno-Villegas (2017), Cupul-Magaña y Shelley (2011), Cupul-Magaña *et al.* 2014,

Hoffman (1999), Jovanovic *et al.* (2016), Loomis (1966, 1968), Shelley (2000), Shelley *et al.* (1998).

Registros de GBIF. [https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon\\_key=1017419](https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=1017419)

Alemania, Argentina, Australia, Austria, Barbados, Bélgica, Bermuda, Bosnia y Herzegovina, Canadá, Chile, China, Corea del Sur, Dinamarca, Italia, El Salvador, Emiratos Árabes Unidos, Eslovaquia, EE.UU., Finlandia, Francia, Guatemala, Hungría, India, Irlanda, Jamaica, Japón, Letonia, Luxemburgo, Madagascar, México, Nepal, Noruega, Nueva Caledonia, Nueva Zelandia, Países Bajos, Perú, Polinesia Francesa, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República de Mauricio, República Dominicana, Suecia, Sudáfrica, Suiza, Tanzania, Turquía, Ucrania, Unión de las Comoras y Venezuela.

De los 1829 registros iniciales (figura 47), 458 fueron eliminados por ser duplicados, 251 por estar ubicados en la misma celda que otro registro y 20 por estar ubicados en una celda sin valor, a más de 5km de una celda con valor (Figura 48, Anexo 29). Los valores de las curvas ROC (Figuras 49 y 50) para la validación cruzada en bloques (Figura 49) y la validación cruzada aleatoria (Figura 50) fue superior a 0.7. En el modelo de esta especie las variables bioclimáticas BIO01 (temperatura anual media - 22%), BIO19 (precipitación del cuarto mas frío - 14%) y BIO07 (rango anual de temperatura - 10%) fueron las variables que mas contribuyeron (Figura 51). La proyecciones con umbrales y logísticas del modelo mostró que es mas probable que esta especie se establezca en el centro y noreste de México (Figura 52, Anexos 30 y 31), en todo Estados Unidos, particularmente en el este (Figura 53, Anexos 32 y 33) y solo en la región sureña de la provincia de Ontario en Canadá (Figura 54, Anexos 34 y 35).

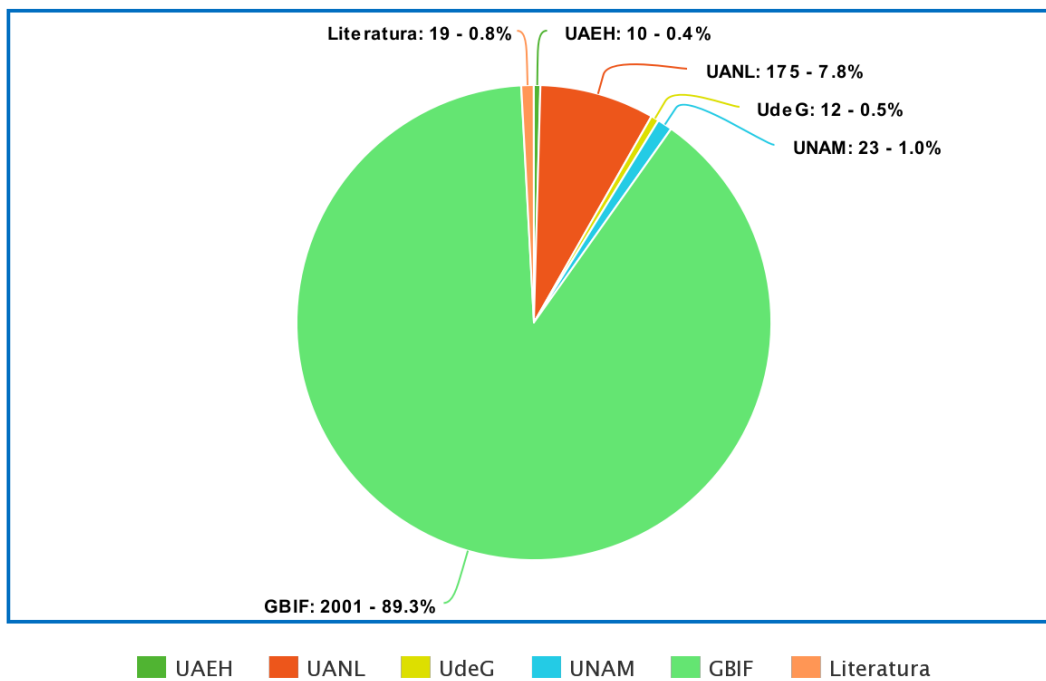


Figura 47. Número de registros usados de la especie *O. gracilis* por fuente, así como su porcentaje.

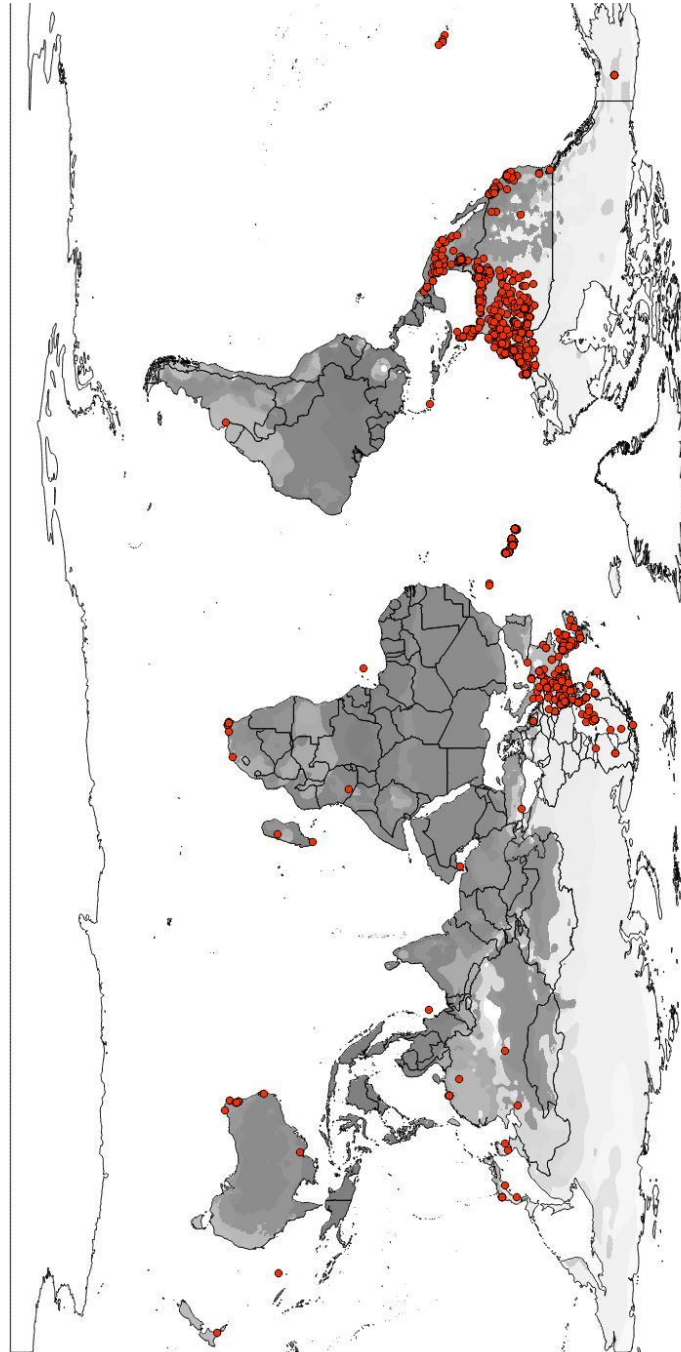


Figura 48. Mapa de registros iniciales para *O. gracilis*.

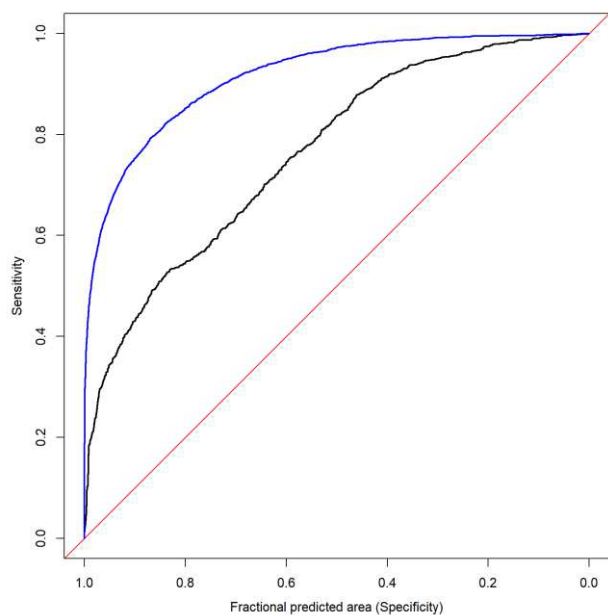


Figura 49. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 4 bloques en los registros de *O. gracilis*. Valores: AUC-test= 0.787, AUC-train= 0.917.

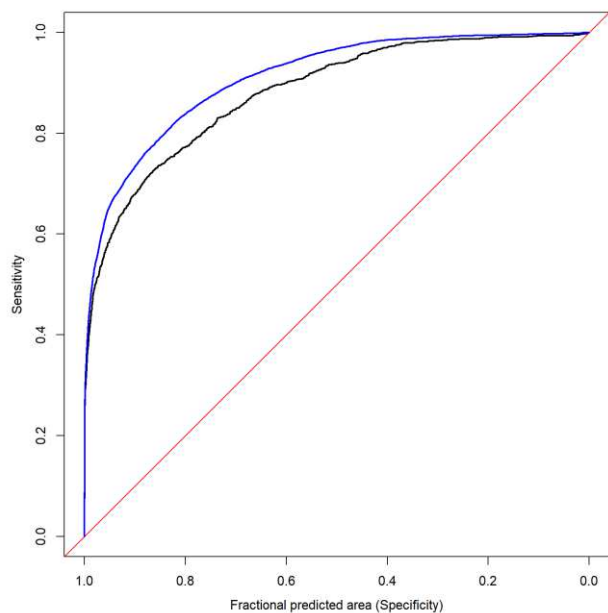


Figura 50. ROC para los puntos de evaluación (negro) y entrenamiento (azul) para método de 10-fold en los registros de *O. gracilis*. Valores: AUC-test= 0.881, AUC-train= 0.910.



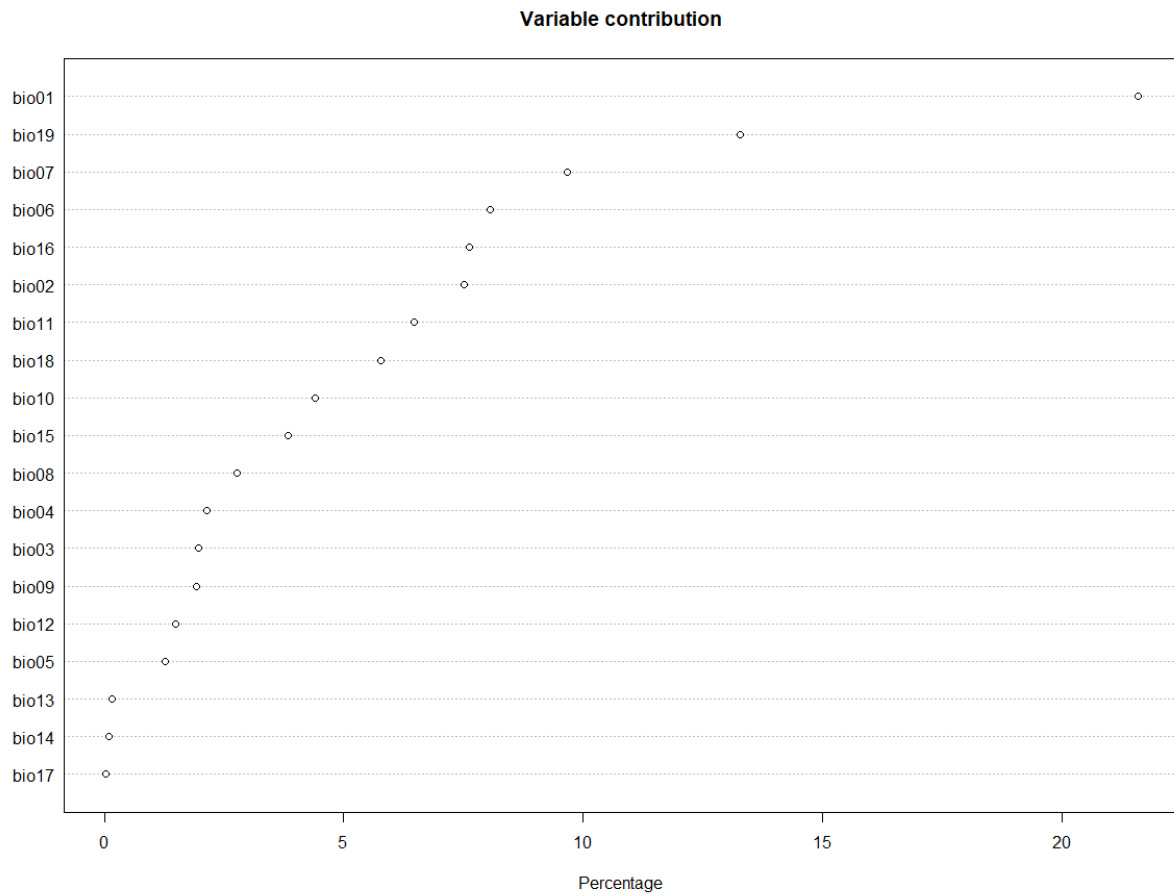


Figura 51. Porcentaje de contribución de cada variable para el modelo de la especie *O. gracilis*.

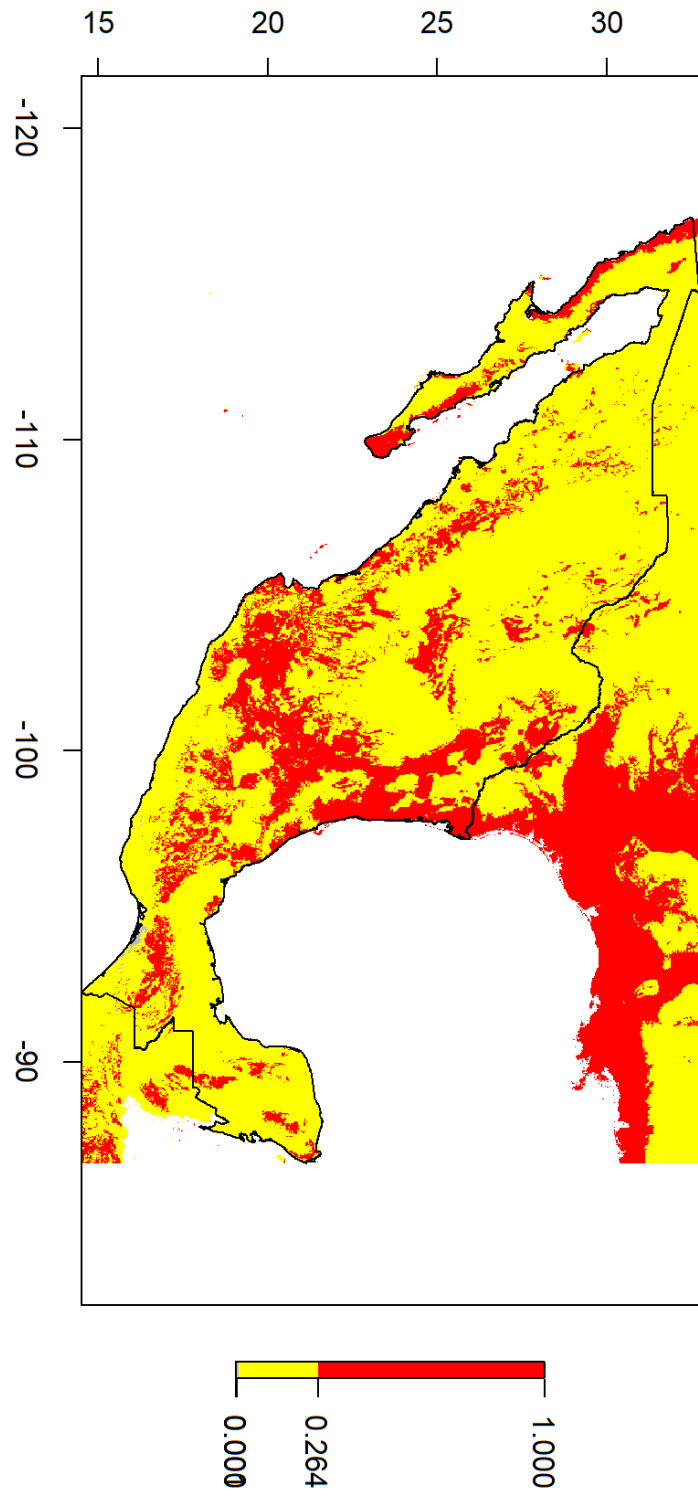


Figura 52. Proyección con umbrales de *O. gracilis* para México.

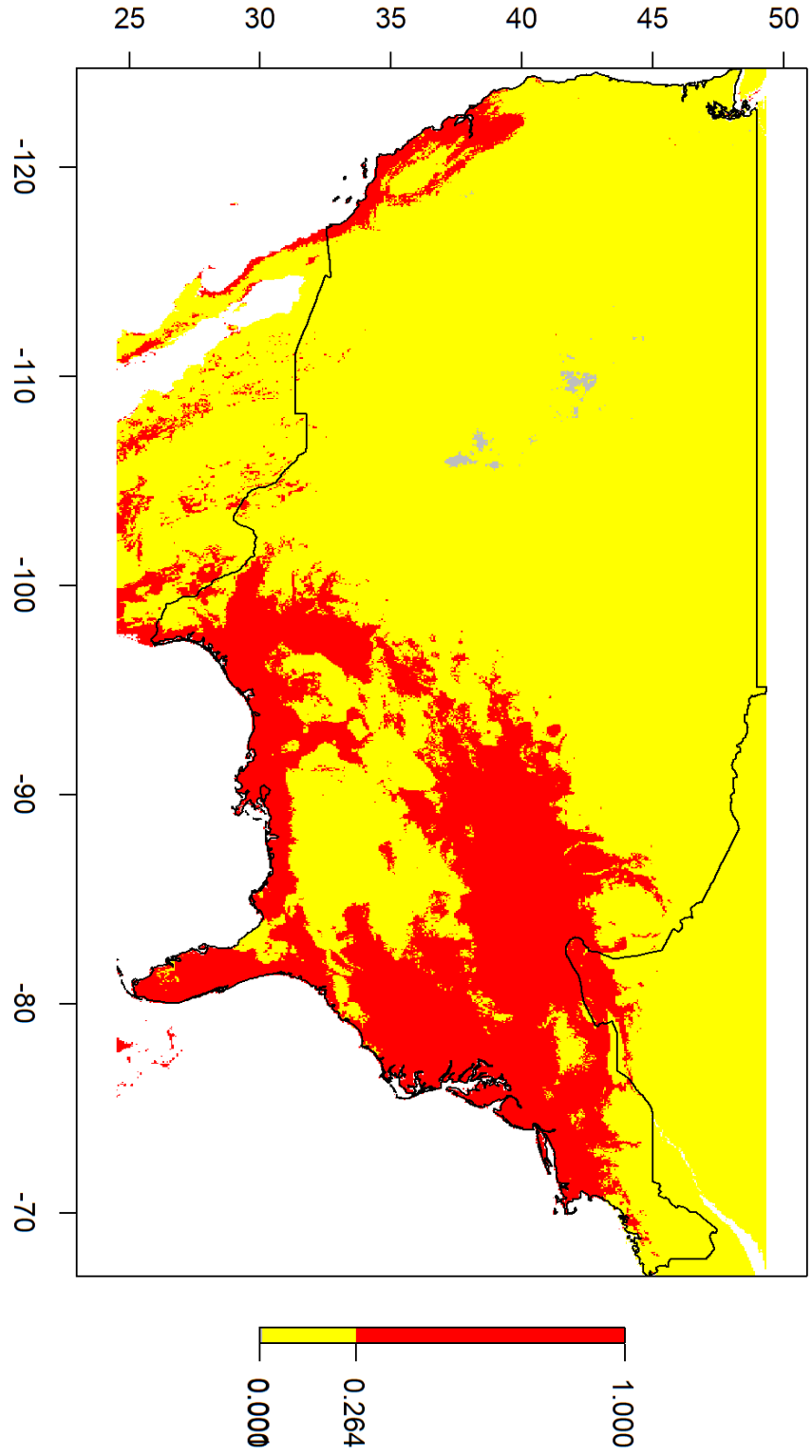


Figura 53. Proyección con umbrales de *O. gracilis* para EE.UU.

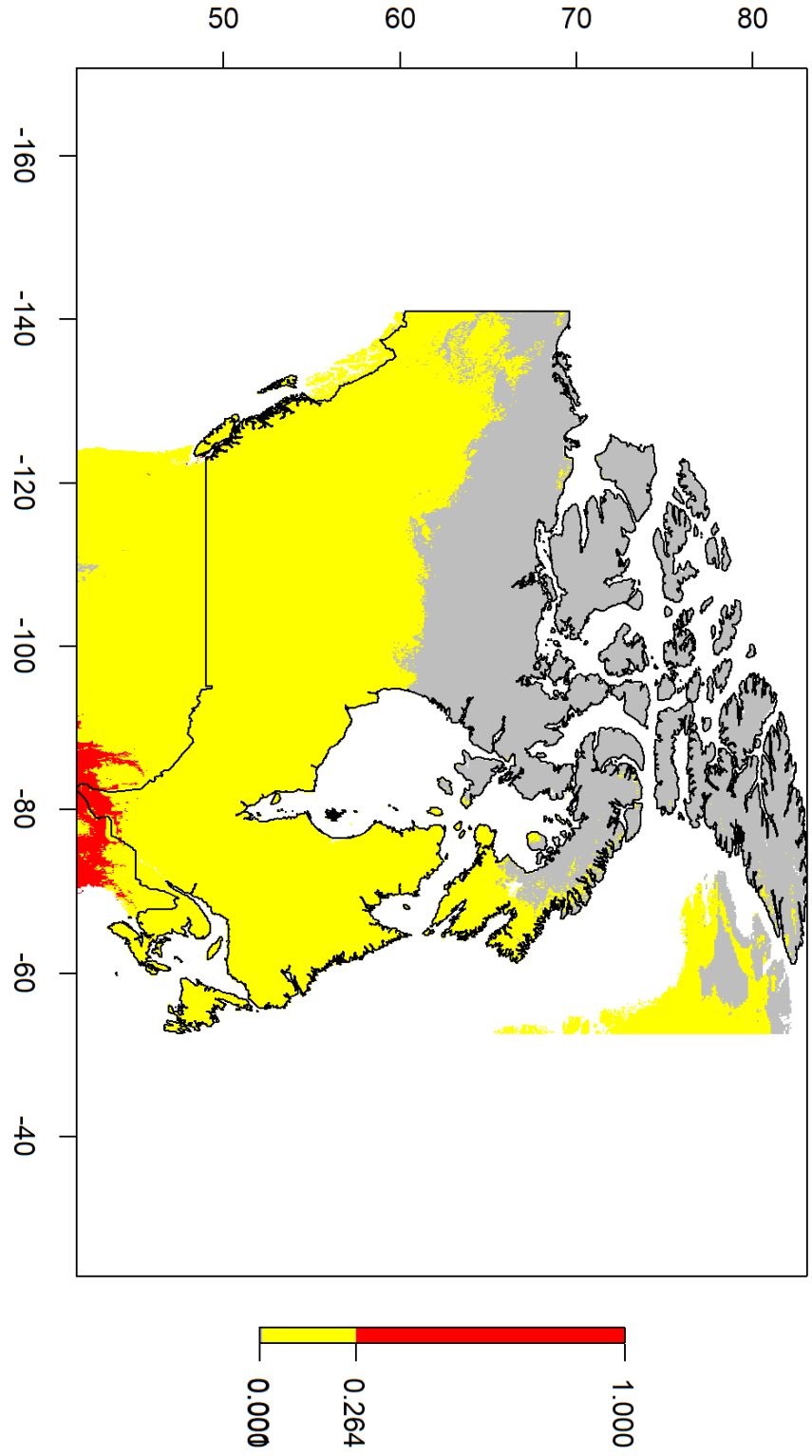


Figura 54. Proyección con umbrales de *O. gracilis* para Canadá.

### 7.3 Datos biológicos

Acorde a los datos encontrados en las etiquetas, alrededor de 60% de los ejemplares de colecciones (especialmente de la UANL) fueron colectados en zonas urbanas o periurbanas.

#### 7.3.1 Conducta gregaria

Visitas a ciertas localidades dentro del área metropolitana de Monterrey mostraron que *O. gracilis* y en menor grado, *A. coarctata*, se encontraban comúnmente en agrupaciones de varias decenas de individuos (Fig. 55); los grupos se encontraban tanto en el suelo como bajo rocas, entre la hojarasca, sobre paredes así como en troncos de árboles. Grandes concentraciones de *O. gracilis* fueron reportadas por Loomis (1966) para Cascadas Cola de Caballo, Santiago, Nuevo León.



Figura 55. Agregación de *O. gracilis* en un tronco en Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, Nuevo León.

### 7.3.2 Eventos de depredación

En el Parque ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, Nuevo León, se encontró con un ejemplar hembra de *O. gracilis* la cual se encontraba siendo depredada por un escarabajo de la familia Phengodidae, los cuales son comúnmente llamados fengódidos, trenecitos o bigotudos. No se han documentado reportes de interacción de un miembro de la especie *O. gracilis* con un miembro de la familia Phengodidae.

Los machos de fengódidos pueden ser distinguidos de otras familias de escarabajos por sus largas antenas ramificadas y sus elitros poco esclerotizados. Las larvas y las hembras larviformes son luminiscentes con un cuerpo vermiforme y cilíndrico, ojos simples y patas cortas con una sola garra. Mientras que los machos no se alimentan durante su etapa adulta, las hembras larviformes neoténicas y las larvas son depredadoras e incluyen en su dieta a los milpiés (Miller 1997; Eisner *et al.* 1998; Sánchez-Echeverría *et al.* 2014). Las especies de esta familia reportadas para Nuevo León son *Phengodes leonilae* Zaragoza-Wittmer 1986; *Distremocephalus opaculus* (Horn, 1895) y *Cenophengus magnus* Zaragoza 1988 (Zaragoza-Caballero y Pérez-Hernández 2014).

El evento de depredación fue observado el 25 de mayo de 2019 alrededor de las 15:00 horas en la vereda "La Manzanita" del Parque ecológico Chipinque (25.604633N, -100.352667W a 1341msnm), bajo una roca, donde el escarabajo había ya decapitado al milpiés y se encontraba consumiéndolo; tanto la presa como el depredador fueron colectados para su posterior estudio.

Se identificó al depredador como una larva de la familia Phengodidae (Fig. 56), sin embargo, no se pudo seguir con su identificación a nivel subfamilia, género o especie debido a que las claves dicotómicas disponibles incluyen características propias solo de los machos (Zaragoza-Caballero y Pérez Hernández 2014). Se sabe que es una larva (Fig. 57) y no una hembra larviforme debido a que el ejemplar carece de ooporo, una hendidura de oviposición del esternito IX la cual solo se aprecia en hembras adultas (Branham, 2004; Costa *et al.* 1999).



Figura 56. Larva de escarabajo Phengodidae que se encontró alimentándose de una hembra de *O. gracilis*. Papel milimétrico de fondo como escala.



Figura 57. Esternitos de la larva de Phengodidae, sin rastros del ooporo en el esternito IX el cual solo lo tienen las hembras larviformes adultas. Papel milimétrico de fondo como escala.

En las cascadas del Cerro de la Silla en Rincón de la Sierra, Guadalupe, Nuevo León, se encontró con ejemplares de *O. gracilis* que en dos ocasiones distintas fueron encontrados siendo depredados por arácnidos de la familia Thelyphonidae, los cuales son comúnmente llamados vinagrillos, vinagrones o escorpiones látigo. No se había reportado la interacción de un miembro de la especie *O. gracilis* con un miembro del orden Thelyphonida.

Los vinagrillos pueden ser distinguidos de entre todos los otros órdenes de arácnidos por su primer par de patas el cual se encuentra modificado para funcionar como antenas, sus pedipalpos raptorales robustos y su largo apéndice caudal plurisegmentado (Rowland y Cooke, 1973). Se tiene conocimiento previo de organismos de este orden que consumen presas fuertemente acorazadas como caracoles y huevos (Armas y Milera 1989; Armas *et al.* 2009) así como presas que además de acorazadas, tienen defensas químicas como los milpiés (Carrel y Brit 2009). Ni en el trabajo de Barrales-Alcalá *et al.* (2018) que lidia con la taxonomía del complejo *giganteus* del género *Mastigoproctus* ni en ningún trabajo consecuente hasta ahora, se ha establecido que especie o especies de vinagrillos habitan Nuevo León.

Ambos eventos de depredación fueron observados el 28 de junio de 2019 alrededor de las 14:00 horas en el "camino a las cascadas" (25.6303N, -100.2081W), los depredadores fueron colectados vivos mientras que en ambas instancias la presa fue dejada en el sitio debido a que fue macerada por los quelíceros de su depredador y quedaban pocos segmentos intactos.

Se identificaron a los depredadores como juveniles de *Mastigoproctus cinteotl* (Fig. 58); la especie fue determinada solo gracias a que se contaban con machos adultos de la misma localidad en la Colección Aracnológica de la FCB-UANL los cuales fueron revisados usando la clave de Barrales-Alcalá *et al.* (2018). En el laboratorio se ofreció a los ejemplares de *M. cinteotl* ejemplares de *O. gracilis* como comida los cuales fueron aceptados (Fig. 58).





Figura 58. Uno de los ejemplares juveniles de *Mastigoproctus cinteotl* que fueron encontrados alimentándose de ejemplares de *O. gracilis*. En esta foto se aprecia el acto de depredación de otro ejemplar de *O. gracilis* el cual fue ofrecido como comida en el laboratorio.

## 8 DISCUSIÓN

Aunque varios autores habían hecho registros de estas especies en varios estados de la república, no se había hecho un análisis de nicho ecológico para ninguna, por lo que se considera que este trabajo es pionero en el tema.

Tal como el caso de otras especies exóticas (Crafton 2015; Kumar *et al.* 2015), la metodología para realizar los análisis de nicho fue exitosamente implementada para su uso con estas especies. Se aceptan los modelos de las especies *A. novarae*, *H. holstii*, *A. coarctata* y *O. gracilis* pues todos superaron la marca de 0.7, sin embargo, no se considera que el modelo de *C. xanthotricha* sea muy confiable puesto que obtuvo menos de 0.7 por el método de 4 bloques; se considera que debe volverse a realizar el modelo de esta especie una vez que se tengan más registros.

***Akamptogonus novarae***: en concordancia con los modelos realizados para esta especie (Figs. 7 y 8) se encontró que: **I** puede establecerse en estados del sur de México como Oaxaca y el sur de Veracruz, lo que no concuerda con los reportes que se tienen provenientes de Tlaxcala, Ciudad de México (Recuero y García-Paris 2016) y Nuevo León, esto es quizá influenciado por la tolerancia al frío (BIO02 y BIO06, Figura 11) y la necesidad de humedad de la especie (BIO19, Figura 11); **II** es posible su establecimiento en estados del sur de EE.UU. como Texas, Luisiana y California, lo que concuerda con los reportes previos de esta especie (Hoffman 1979 y 1999), es posible que esto se deba a que el hábitat natural se encuentra en zonas cercanas a costas (Hoffman 1979 y 1999); **III** no es posible su establecimiento para ninguna provincia de Canadá muy probablemente debido a que las temperaturas que alcanza dicho país en invierno son demasiado bajas para su establecimiento (BIO02 y BIO06, Figura 11).

Acorde a los modelos, esta especie es la que tiene menor potencial de distribución en Norteamérica continental; si bien no se tiene un amplio conocimiento acerca de su biología,

puede asumirse que la precipitación y la temperatura mínima son los factores que limitan su distribución puesto que contribuyeron en gran manera al modelo (BIO02, BIO06, BIO19, Figura 11)

Tanto en el modelo de *A. novarae* como en el de *O. gracilis*, las variables bioclimáticas BIO19 (precipitación del cuarto mas frío, 29% y 14% respectivamente) y BIO06 (temperatura mínima del mes mas frío, 18% y 7%) fueron las variables que mas contribuyeron, lo cual difiere de lo encontrado para las otras tres especies. A su vez, en los modelos de *A. novarae*, *A. coarctata* y *O. gracilis* la variable bioclimática BIO02 (rango medio diurno) contribuyó con un 13%, 11% y 8% respectivamente, lo cual difiere de lo encontrado para *C. xanthotricha* y *H. holstii* cuyo valor para la contribución de esta variable bioclimática es de 2% y 37%.

***Asiomorpha coarctata***: considerando los modelos hechos para esta especie (Figs. 37 y 38), se encontró que puede: **I** establecerse en una gran parte del territorio mexicano, esto concuerda con reportes previos (Cupul-Magaña 2011; Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2006; Cupul-Magaña y Shelley 2011; Cupul-Magaña *et al.* 2014; Loomis 1968), esto puede deberse a que se adapta bien a nuevas condiciones mientras haya suficiente humedad (BIO15, Figura 21), especialmente durante los meses mas secos y la temperatura sea estable (BIO02 y BIO14, Figura 21); **II** es posible su establecimiento en el extremo sur de EE.UU. lo que concuerda con reportes previos (Bennett y Kerr 1973; Hoffman 1999; Shelley 2000; Shelley *et al.* 1997), si bien en este país hay regiones con tiene bastante humedad disponible, es probable que la temperatura (BIO02 y BIO14, Figura 21) sea el factor que limite la distribución de esta especie; **III** no es posible su establecimiento para ninguna provincia de Canadá, similarmente, esto probablemente se deba a las temperaturas tan bajas en esta región (BIO02 y BIO14, Figura 21).

La variable BIO15 (estacionalidad de precipitación) es la que mas contribuyó a este modelo, con un 19%, esto difiere de todos los otros modelos cuya contribución de esta variable fue menor al 5%, con la excepción del modelo de la especie *H. holstii* en el cual la BIO15 contribuyó un 13%. La variable BIO14 (estacionalidad de temperatura) contribuyó un 12%, similar al modelo de *H. holstii* en el cual contribuyó un 11%, en el resto de los

modelos esta variable contribuyó con menos de 6%. La variable BIO02 (rango medio diurno) contribuyó con un 11%, similar fue su contribución en los modelos de *A. novarae* y *O. gracilis*, donde esta variable contribuyó un 13% y 8% respectivamente, esto difiere de lo encontrado para los modelos de *C. xanthotricha* y *H. holstii* cuyo valor para la contribución de esta variable bioclimática es de 2% y 37%.

***Chondromorpha xanthotricha***: considerando el resultado de los modelos hechos para esta especie (Figs. 17 y 18) se predice que: **I** puede establecerse en los estados de las costas este y oeste de México así como la península de Baja California, esto concuerda con algunos reportes previos de esta especie (Cupul-Magaña 2011; Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2017; Cupul-Magaña y Shelley 2011; Cupul-Magaña *et al.* 2014; Shelley y Cupul-Magaña 2007), esto posiblemente refleja su afinidad con zonas tropicales con alta humedad (BIO03, BIO13 y BIO18, Figura 31); **II** es posible su establecimiento en estados del suroeste de EE.UU. desde Texas hasta Maryland, esto concuerda con algunos reportes previos de la especie (Hoffman 1999; Shelley 2000) y probablemente su establecimiento se vea limitada a la falta de isoterminia en otras zonas (BIO03, Figura 31); **III** no es posible su establecimiento para ninguna provincia de Canadá, igualmente que con zonas norteañas de EE.UU. es posible que no se pueda establecer en esta zona por la falta de isoterminia (BIO03, Figura 31).

En el modelo de esta especie las variables bioclimáticas que mas contribuyeron fueron BIO13 (precipitación del mes mas húmedo) con 34%, BIO18 (precipitación del cuarto mas cálido) 13% y BIO03 (isoterminia) con 12% (Figura 31), esto contrasta con todos los otros modelos puesto que salvo en dos excepciones (*A. novarae* y *O. gracilis* donde en ambos casos la BIO18 contribuyó 6%), estas variables bioclimáticas contribuyeron en menos de 5% en sus respectivos modelos (Figura 31)

***Helicorthis holstii***: acorde a lo encontrado en los modelos hechos para esta especie (Figs. 27 y 28) se encontró que: **I** puede establecerse en los estados del sur de México que conforman la península de Yucatán, esto puede ser debido a que esta especie requiera de zonas cálidas (BIO02, Figura 41) cercanas a costas que tengan cierto nivel de humedad

(BIO08 y BIO15, Figura 41), especialmente en el mes mas cálido; **II** es posible su establecimiento en estados del extremo suroeste y sureste de EE.UU., lo que concuerda con reportes previos (Howarth y Shelley 2008; Shelley 2000; Shelley y Edwards 2001), es posible que en este país su distribución se vea limitada a zonas tropicales y subtropicales (BIO08, Figura 41) que tengan suficiente lluvia (BIO08 y BIO15, Figura 41), especialmente durante los meses mas cálidos; **III** no es posible su establecimiento para ninguna provincia de Canadá, probablemente por las temperaturas demasiado bajas de esta región(BIO02, Figura 41).

La variable BIO02 (rango medio diurno) fue la que mas contribuyó con este modelo con un 37% lo cual contrasta con el resto de las especies en las cuales esta variable contribuyó en un rango de 2-13%. Las otras dos variables que mas contribuyeron al modelo de esta especie fueron BIO15 (estacionalidad de la precipitación) con 13% y BIO08 (precipitación del cuarto mas cálido) con un 12%, solo en el modelo de *A. coarctata* se vio una mayor contribución de parte de esta variable, con un 19%, los otros modelos de las otras tres especies la contribución de estas dos variables fue menor a 5%.

***Oxidus gracilis***: según los modelos elaborados (Figs. 47 y 48), se encontró que esta especie puede: I establecerse en el centro y norte del territorio mexicano, así como algunas zonas dispersas del sur, esto concuerda con reportes previos (Cupul-Magaña y Bueno-Villegas 2017; Cupul-Magaña y Shelley 2011; Cupul-Magaña *et al.* 2014; Hoffman 1999; Loomis 1968) y se debe probablemente a que esta especie prefiera climas templados y no tropicales para establecerse (BIO01 y BIO07, Figura 51), con suficiente humedad (BIO19, Figura 51) en los meses mas fríos; II es posible su establecimiento en todo el este de EE.UU. así como el extremo suroeste del mismo, lo que concuerda con reportes previos (Benett *et al.* 1973; Causey 1943; Cook 1842; Shelley 2000; Shelley *et al.* 1998), esto se debe a que los hábitats de esta región del país son predominantemente de clima templado (BIO01 y BIO06, Figura 51); III es posible su establecimiento al sur de la provincia de Ontario en Canadá, lo que concuerda con reportes previos procedentes de GBIF, esto puede deberse a que en esta parte sureña de esta provincia las temperaturas no son tan extremas como en el norte (BIO01 y BIO07, Figura 51).

Acorde a los modelos, esta especie es la que tiene mayor potencial de distribución en Norteamérica continental, esto debe ser al menos en parte a su tolerancia a temperaturas bajas e inundaciones (Causey, 1943).

La variable BIO01 (temperatura anual media) fue la que mas contribuyó al modelo de esta especie, con un 22%, esto difiere de lo encontrado en los modelos de las otras especies cuya contribución es menor a 6%. La variable BIO19 (precipitación del cuarto mas frío) contribuyó un 14%, este porcentaje es solo es superado por el modelo de *A. novarae* en el cual esta variable contribuyó un 29% y cercano al de *A. coarctata* en cuyo modelo esta variable contribuyó 9%; en las otras dos especies esta variable no contribuye al modelo. La contribución de la variable BIO07 (rango anual de temperatura) para el modelo de esta especie es de 10%, en los modelos de las las especies *A. novarae* y *H. holstii* la contribución de esta variable es de 6% y 4% respectivamente, mientras que en las otras especies esta variable no contribuye al modelo.

Nuevos registros estatales: *A. novarae* es reportado por primera vez en el estado de Nuevo León; *C. xanthotricha* en los estados de Chiapas, Hidalgo, Nuevo León y Yucatán; *A. coarctata* en los estados de Estado de México, Nuevo León y Oaxaca y *O. gracilis* en los estados de Coahuila y Tamaulipas.

Grandes agregaciones de *O. gracilis* han sido reportadas previamente por Loomis (1966), con el presente trabajo se da a conocer que también *A. coarctata* tiene este comportamiento. Se conoce que los adultos de *Desmoxytes purpurosea* Enghoff *et al.* 2007 se encuentra en grandes concentraciones después de las lluvias, sin embargo, no se especula sobre la razón (Enghoff *et al.* 2007). Otros casos de gregarismo se pueden encontrar en juveniles de la especie *Streptogonopus phipsoni* (Pocock, 1892) nativa de India (Bellairs *et al.* 2009) así como en juveniles de las especies *Aklerobunus massai* (Cook, 1896), *Habrodesmus duboscqui* Brölemann, 1919, *Habrodesmus falx* Cook, 1896, *Xanthodesmus physkon* (Attems, 1898) y *Xanthodesmus* sp. nativas de África; la hipótesis de este comportamiento es que se trata de un mecanismo de defensa puesto que la coloración aposemática así como el olor de las sustancias defensivas serían mas efectivos en grupo (Fryer 1957; Toye 1967;

Lewis 1971; Bellair et al. 1983). Los días que se encontraron las agregaciones de *A. coarctata* y *O. gracilis* fueron días posteriores a fuertes lluvias por lo que se cree que su comportamiento gregario tiene relación con estas así como la alta humedad ambiental que llevan consigo; también existe la posibilidad que, similar a los juveniles de las especies de *Streptogonus*, *Aklerobunus*, *Habrodesmus* y *Xanthodesmus* antes mencionadas, *A. coarctata* y *O. gracilis* busquen seguridad en los números.

Se encontraron dos depredadores nativos: un fengódido (Hexapoda: Coleoptera: Phengodidae) y el vinagrillo *Mastigoproctus cinteotl* (Arachnida: Thelyphonida: Thelyphonidae). Aunque ya se tenía conocimiento que estos artrópodos consumen milpiés (Carrel y Brit, 2009; Miller, 1997; Eisner *et al.* 1998; Sánchez-Echeverría *et al.* 2014), este es el primer reporte de depredación por parte de estos organismos hacia un miembro de la familia Paradoxosomatidae.

## 9 CONCLUSIONES

- Tanto EE.UU. como México tienen potencial para que las cinco especies estudiadas se establezcan en su territorio, mientras que en Canadá, solo una de ellas.
- Se considera que el programa Maxent resultó apropiado para realizar el modelado de nicho de las especies de Paradoxosomatidae puesto que pudo generar buenos modelos para cuatro de las cinco especies.
- *Oxidus gracilis* es la especie con mayor potencial de distribución, desde el sur de México hasta el sur de Canadá en la provincia de Ontario.
- *Akamptogonus novarae* es la especie con menor potencial de distribución, solo en algunas zonas del centro y sur de México y el extremo suroeste de EE.UU.
- Se reportan 10 nuevos registros estatales para cuatro de las especies estudiadas.
- Se reporta el comportamiento gregario en las especies *A. coarctata* y *O. gracilis*.
- Se reporta que el vinagrillo *Mastigoproctus cinteotl* y una especie no determinada de Phengodidae son depredadores de *O. gracilis*.
- Debido a que gran cantidad de ejemplares fueron encontrados en la mancha urbana o cerca de esta, es muy probable que estas especies sean sinantrópicas y requieran de hábitats perturbados para establecerse.



## **10. PERSPECTIVAS**

Esta investigación resalta lo poco que conocemos de estos organismos puesto que, además de los registros aislados y algunos otros estudios, no se había estudiado previamente un tema tan importante como lo es la distribución potencial de las especies introducidas de diplópodos.

Actualmente no se conoce si estas especies exóticas merecen el estatus de invasoras puesto que no se ha estudiado el impacto que tienen en los ecosistemas. A su vez, tampoco se conocían sus depredadores en América o si pudieran llegar a ser indicadores de perturbación en ecosistemas Neárticos y Neotropicales, lo cual es posible debido a su asociación con zonas urbanas o periurbanas.

Es por esta razón que se alienta a actuales y futuros investigadores, sobre todo en los campos de la miriapodología y el estudio de especies exóticas e invasoras, a considerar trabajar con estos organismos que ciertamente han sido ignorados durante mucho tiempo.

## 11. BIBLIOGRAFÍA.

- Armas, L.F. de y J.F. Milera. 1989. Depredación de moluscos gasterópodos por *Mastigoproctus baracoensis* (Uropygi: Thelyphonidae). Ciencias Biológicas 18:126-127.
- Armas, L.F. de., D. Ortiz y E. Fonseca. 2009. Depredación de huevos por dos especies de *Mastigoproctus* (Thelyphonida): no todas las presas se mueven. Revista Ibérica de Aracnología 17:3-6.
- Barrales-Alcalá, D., O.F. Francke y L. Prendini. 2018. Systematic revision of the giant vinegaroons of the *Mastigoproctus giganteus* complex (Thelyphonida: Thelyphonidae) of North America. Bulletin of the American Museum of Natural History 418:62pp.
- Bellairs, V., R. Bellairs y S. Goel. 1983. Studies on an Indian polydesmoid millipede *Streptogonopus phipsoni* life cycle and swarming behaviour of the larvae. Journal of Zoology 199:31-50.
- Bennett, D.R. y S.H. Kerr. 1973. Millipedes in and around structures in Florida. The Florida Entomologist 65(1):43-48.
- Blum, M., J. MacConnell, J. Brand, R. Duffield y H. Fales. 1973. Phenol and benzaldehyde in the defensive secretion of a strongylosomid millipede. Annals of the Entomological Society of America 66(1):235.
- Branham, M. 2004. Glow-worms, railroad-worms (Insecta: Coleoptera: Phengodidae). EENY 332:1-5
- Bueno-Villegas, J., P. Sierwald y J. Bond. Diplopoda En: Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. IV. Bousquets, J., J. J. Morrone, O. Yañez y I. Vargas. UNAM. México. 596-599pp.
- Carrel, J.E. y E.J. Britt. 2009. The whip scorpion, *Mastigoproctus giganteus* (Uropygi: Thelyphonidae), preys on the chemically defended Florida scrub millipede, *Floridobolus penneri* (Spirobolida: Floridobolidae). Florida Entomologist 92(3):500-502.

- Causey, N.B. 1943. Studies of the life history and the ecology of the hothouse millipede, *Orthomorpha gracilis* (C.L. Koch 1847). American Midland Naturalist 29:670-682
- Chamberlin, R. B. 1941. On five new polydesmoid millipeds from Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington, 54:63-66.
- Crawford, C. 1992. Millipedes as model detritivores. Ver. Natwiss-Mediz. Verein Innsbruck, 10:277-288.
- Costa, C., S.A. Vanin, S.A. Casari y V.R. Viviani. 1999. Larvae of Neotropical Coleoptera. XXVII. *Phrixothrix hirtus*: Immatures, neotenic female, adult male and binomic data (Phengodinae, Phengodidae, Coleoptera). Iheringia Serie Zoologia, Porto Alegre 86:9-28.
- Crafton, R.E. 2015. Modeling invasion risk for coastal marine species utilizing environmental and transport vector data. Hydrobiologia 746: 349-362.
- Cupul-Magaña, F.G. 2011. Tres especies de milpiés paradoxosomatidos (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae) de México. Biocyt 4(16):311-315.
- Cupul-Magaña, F.G. y J. Bueno-Villegas. 2006. Primer registro de *Asiomorpha coarctata* (DeSaussure, 1860) (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae) para Jalisco y Nayarit, México. Dugesiana 13(1):45-48.
- Cupul-Magaña, F.G. y J. Bueno-Villegas. 2017. Nuevas localidades para milpiés espirobólidos, espirostréptidos y polidésmidos en México (Myriapoda: Diplopoda). Folia Entomológica Mexicana (nueva serie) 3(2):92-94.
- Cupul-Magaña, F. G. y R.M. Shelley. 2011. Nuevas localidades para ocho species de milpiés (Arthropoda: Diplopoda) en México. Dugesiana 18(1):91-94.
- Cupul-Magaña, F.G., M. del R. Valencia-Vargas, J. Bueno-Villegas y R.M. Shelley. 2014. Notas sobre los miriápodos de Jalisco, México: Distribución y nuevos registros. Dugesiana 21(2):83-97.
- Duffey, S. y M. Blum. 1977. Phenol and guaiacol biosynthesis, detoxication and function in a polydesmid millipede *Oxidus gracilis*. Insect Biochemistry 7(1):57-66.

- Edgecombe, G. D. 2015. Diplopoda – Phylogenetic relationships En: Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda, Volume 2. University of Padova. Alessandro Minelli (editor). p.391-407.
- Eisner, T., M. Eisner, A. Attygalle, M. Deyrup y J. Meinwald. 1998. Rendering the inedible edible: circumvention of a millipede's chemical defense by a predaceous beetle larva (Phengodidae). *Proceeding of the National Academy of Sciences* 95:1108-1113.
- Enghoff, H., C. Sutcharit y S. Panha. 2007. The shocking pink dragon millipede, *Desmoxystes purpurosea*, a colorful new species from Thailand (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae). *Zootaxa* 1563: 31-36.
- Fick, S.E. y R.J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302-4315.
- Fryer, G. 1957. Observations on some African millipedes *The Annals and magazine of natural history* 12(10): 47-51.
- Hamilton, C.A., B.E. Hendrixon y J.E. Bond. 2016 Taxonomic revision of the tarantula genus *Aphonopelma* (Araneae, Mygalomorphae, Theraphosidae) within the United States. *Zookeys* 560:1-340
- Hättenschwile, S. y P. Grasser. 2005. Soil animals alter plant litter diversity effects on decompositions. *PNAS* 102:1519:1524.
- Hijmans, R.J., S. Phillips, J. Leathwick, J. Elith, M.R.J. Hijmans. 2017. Package 'dismo'. *Circles*, 9(1):1-68.
- Hoffman, R.L. 1980. An Australian polydesmoid milliped in San Francisco (Paradoxosomatidae). *Wasmann Journal of Biology* 37(1/2):55-58.
- Hoffman, R.L. 1999. Checklist of the millipedes of North and Middle America. Virginia Museum of Natural History, special publication 8:1-584.
- Holcombe, T.R., T.J. Stohlgren y C.S. Jarnevich. 2010. From points to forecasts: predicting invasive species habitat suitability in near term. *Diversity* 2010(2): 738-767.
- Howarth, F.G. y R.M. Shelley. 2008. The Asian polydesmidan millipede, *Helicorthomorpha holstii* (Pocock) (Paradoxosomatidae), established in Hawaii. *Bishop Museum Occasional Papers* 108:45-46.

- Kumar, S., L.G. Neven, H. Zhu y R. Zhang. 2015. Assessing the global risk of establishment of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) using CLIMEX and MaxEnt Niche Models. *Journal of Economic Entomology* 108(4): 1708-1719.
- Lewis, J.G.E. 1971. The life history and ecology of three paradoxosomatid millipedes (Diplopoda, Polydesmida) in Northern Nigeria. *Journal of Zoology* 165: 431-452.
- Lichtwardt, R.W. 1960 An *Enterobyus* (Eccrinales) in a common greenhouse milliped. *Mycologia* 52(3):410-428.
- Lichtwardt, R.W. 1986. The Trichomycetes: Fungal Associates of Arthropods. Department of Botany, University of Kansas, Estados Unidos. 332pp.
- Likhitrakarn, N., S.I. Golovatch y S. Panha. 2010. The millipede genus *Orthomorpha* Bollman, 1893 in Thailand. 1. Revision of the sericata-group, with descriptions of four new species (Diplopoda, Polydesmida, Paradoxosomatidae). *Zootaxa* 2361:23-45.
- Likhitrakarn, N., S.I. Golovatch y S. Panha. 2017. The first record of the pantropical millipede, *Chondromorpha xanthotricha* (Attems, 1898) (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae), from Thailand. *Arthropoda Selecta* 26(4):281-287.
- Loomis, H.F. 1959. A new milliped from Honduras. *Ceiba* 8(2):41-43.
- Loomis, H.F. 1966. Millipeds from the region of Monterrey, Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society* 39:513-524.
- Loomis, H.F. 1968. A checklist of the millipeds of Mexico and Central America. *Bulletin of the United States National Museum* 266:1-137.
- Miller, R.S. 1997. Female *Phengodes* feeding and an associated risk (Coleoptera: Phengodidae). *Entomological News* 108:213-214.
- Muscarella, R., P.J. Galante, M. Soley-Guardia, R.A. Boria, J.M. Kass, M. Uriarte y R.P. Anderson. 2014. ENM eval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11):1198-1205.
- Nguyen, A.D. y P. Sierwald. 2013. A worldwide catalog of the family Paradoxosomatidae Daday, 1889 (Diplopoda: Polydesmida). *Check List* 9(6):1132-1353.

- Pearsons, K., I. Mikó y J.F. Tooker. 2017. The cyanide gland of the greenhouse millipede *Oxidus gracilis* (Polydesmida: Paradoxosomatidae). *Research Ideas and Outcomes* 3:e12249.
- Padalia, H., V. Srivastava, S.P.S Kushwaha. 2014. Modeling potential invasion range of the alien species, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. in India: Comparison of MaxEnt and GARP. *Ecological Informatics* 22(2016):36-43
- Phillips, S. J., M. Dudík, R.E. Schapire. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: [http://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/). Accessed on 2017-5-24.
- Poinar, G.O. 1986. *Rhabditis myriophila* sp. n. (Rhabditidae: Rhabditida), associated with the millipede *Oxidus gracilis* (Polydesmida: Diplopoda). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 53(2):232-236.
- Poinar, G.O. y G.M. Thomas. 1985. Effect of Neoaplectanid and heterorhabditid nematodes (Nematoda: Rhabditoidea) on the millipede *Oxidus gracilis*. *Journal of Invertebrate Pathology* 45:231-235.
- Recuero, E. y M. García-Paris. 2016. A new North American region colonized by the Australian millipede *Akamptogonus novarae* (Humbert y DeSaussure, 1869) (Polydesmida, Paradoxosomatidae), with a key for the known Paradoxosomatidae species from North and Central America and the Caribbean Islands. *North Western Journal of Zoology* 12(2):385-389.
- Rodríguez-Merino, A., R. Fernández-Zamudio y P. García-Murillo. 2017. An invasion risk map for non-native aquatic macrophytes of the Iberian Peninsula. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 74(1):1-10.
- Rowe, M. y P. Sierwald. 2006. Morphological and systematic study of the tribe Australiosomatini (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidea: Paradoxosomatidae) and a revision of the genus *Australiosoma* Brölemann. *Invertebrate Systematics* 20(5):527-556.
- Rowland, J.M. y J.A.L. Cooke. 1973. Systematics of the arachnid order Uropygida (=Thelyphonida). *Journal of Arachnology* 1:55-71.

- Sánchez-Echeverría, K., I. Castellanos, S. Zaragoza-Caballero y J. Bueno-Villegas. 2014. Decapitación de milpiés Xystodesmidae (Polydesmida) por escarabajos Phengodidae. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1273-1276.
- Shear W.A. 2011. Class Diplopoda de Blainville in Gervais, 1844. En: *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Zhang, Z.-Q. (Ed.). *Zootaxa*, 3148:159-164.
- Shear, W.A., R. Lopes-Ferreira, L.F. Moretti-Iniesta y P. Marek. 2016. A millipede missing link: Dobrodesmidae, a remarkable new polydesmian millipede family from Brazil with supernumerary rings (Diplopoda, Polydesmida), and the establishment of a new suborder Dobrodesmidea. *Zootaxa*, 4178(3):371-390.
- Shelley, R.M. 2000a. Annotated checklist of the millipedes of Florida (Arthropoda: Diplopoda). *Insecta Mundi* 14(4):241-251.
- Shelley, R.M. 2000b. *Chondromorpha xanthotricha*, (Polydesmida: Paradoxosomatidae) a new millipede for the continental United States. *Entomological News* 111(5):370.
- Shelley, R.M. 2003. A revised, annotated family level classification of the Diplopoda. *Arthropoda Selecta* 11 (3):187-207.
- Shelley, R.M. y F.G. Cupul-Magaña. 2007. Occurrences of the millipede *Chondromorpha xanthotricha* (Attems, 1898) in the New World: First records from Mexico, Costa Rica, Panama, The Cayman Islands, Saint Vincent and the Grenadines, and Tobago; first localities in Cuba (Polydesmida: Paradoxosomatidae). *Entomological News* 118(2):213-216.
- Shelley, R.M. y G.B. Edwards. 2001. Introduction of the millipede, *Helicorthomorpha holstii*, in Florida (Polydesmida: Paradoxosomatidae). *Entomological News* 112:200.
- Shelley, R.M. y P.T. Lehtinen. 1998. Introduced millipedes of the family Paradoxosomatidae on Pacific Islands (Diplopoda: Polydesmida). *Arthropoda Selecta*, Moscow 7(2):81-94.

- Sierwald, P. y J.E. Bond. 2007. Current status of the myriapod class Diplopoda (Millipedes): taxonomic diversity and phylogeny. *Annual Review of Entomology*. 52:401-420.
- Suriel, C. 2012. Presencia de *Oxidus gracilis*, *Chondromorpha xanthotricha* y *Asiomorpha coarctata* (Diplopoda: Paradoxosomatidae) en La Hispaniola. *Solenodon* 10:23-31.
- Taira, J., K. Nakamura y Y. Higa. 2003. Identification of secretory compounds from the millipede, *Oxidus gracilis* C.L. Koch (Polydesmida: Paradoxosomatidae) and their variation in different habitats. *Applied Entomology and Zoology* 38:401-404.
- Toye, S.A. 1967. Observation on the biology of three species of Nigerian millipedes. *Journal of Zoology* 152:67-78.
- Zaragoza-Caballero, S. y C.X. Pérez-Hernández. 2014. Sinopsis de la familia Phengodidae (Coleoptera): trenecitos, bigotudos, glow-worms, railroad-worms o besouros trem de ferro. Instituto de Biología de la UNAM, Ciudad de México, México. 127pp.



## RESUMEN BIOGRÁFICO

Juan Manuel de Luna González

Candidato para el Grado de  
Maestría en Ciencias con Orientación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo  
Sustentable

Tesis: PATRONES DE DISTRIBUCIÓN, BIOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE CINCO  
ESPECIES EXÓTICAS DE MILPIÉS PLANOS (DIPLOPODA: POLYDESMIDA:  
PARADOXOSOMATIDAE) PRESENTES EN NORTEAMÉRICA

Campo de Estudio: Zoología

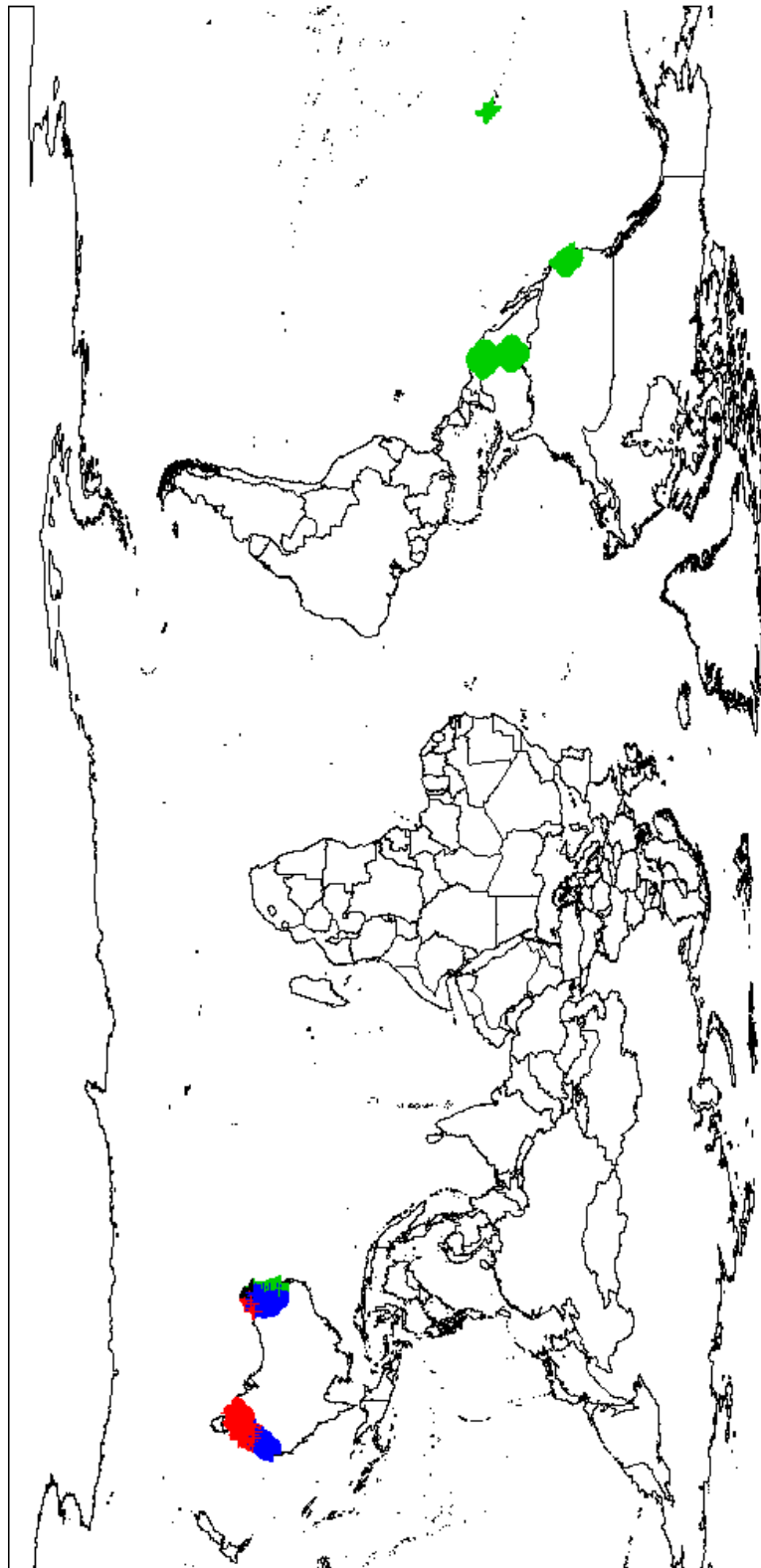
Datos Personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León, México, el 03 de Marzo de 1994,  
hijo de Juan Manuel de Luna Mendoza y Ma. Magdalena González Requenes.

Educación: Egresado de la Preparatoria N°23 unidad Santa Catarina de la Universidad  
Autónoma de Nuevo León en diciembre del 2010 y de la Facultad de Ciencias  
Biológicas de la misma universidad, bajo el grado de Biólogo, en junio del 2015.

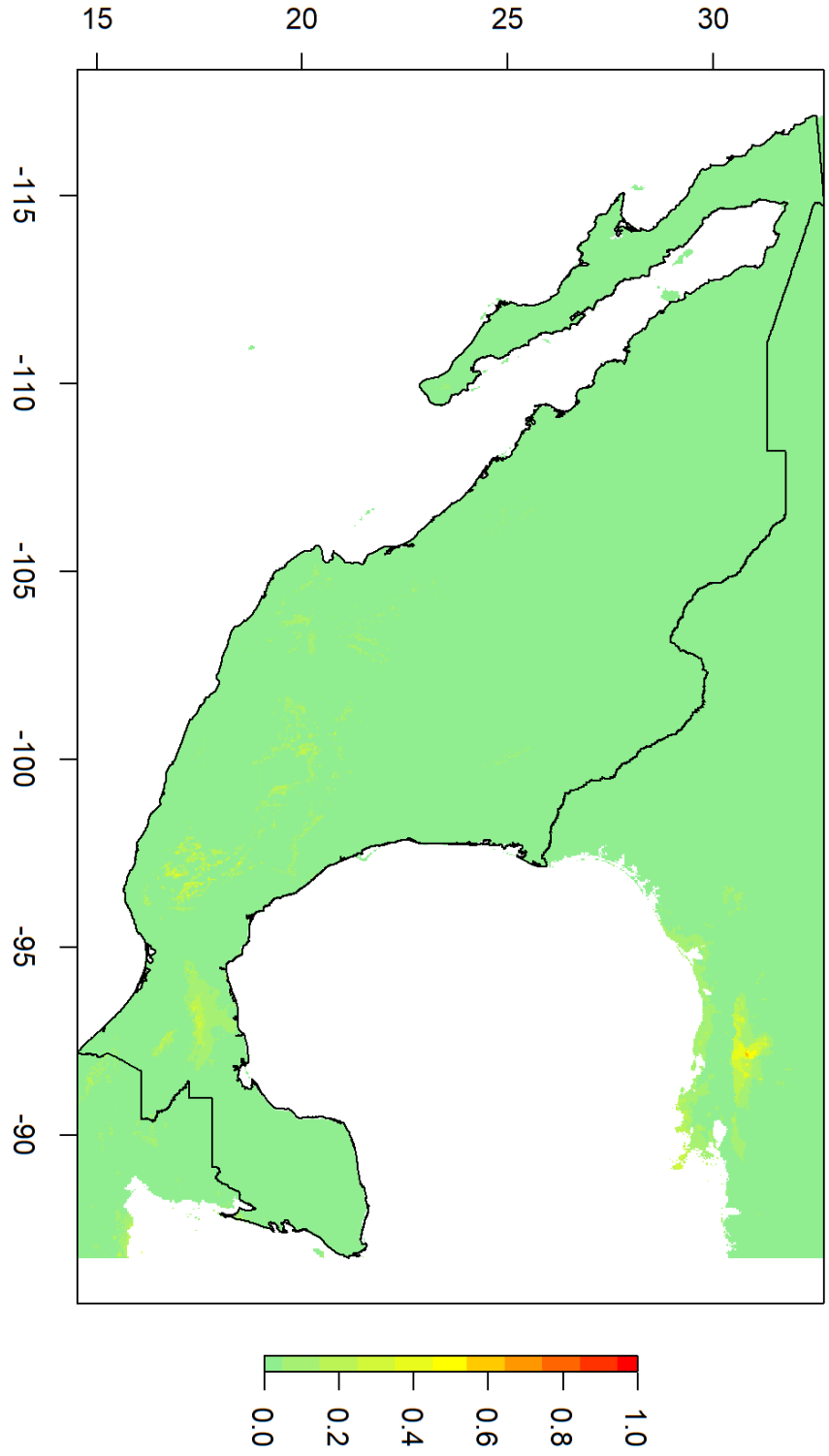
Experiencia Profesional: Becario del laboratorio de Entomología y Artrópodos durante el  
periodo de Enero-Junio de 2015; ponente en cursos de manejo de reptiles  
venenosos en varias fechas en los años de 2016 y 2017.

**ANEXOS:**

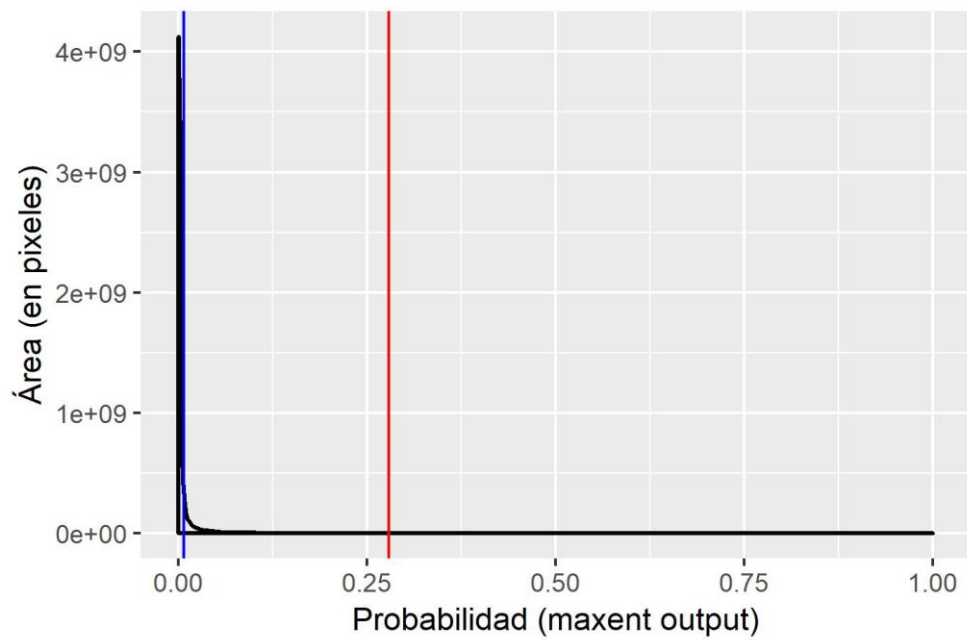
**Mapas de bloques y proyecciones logísticas**



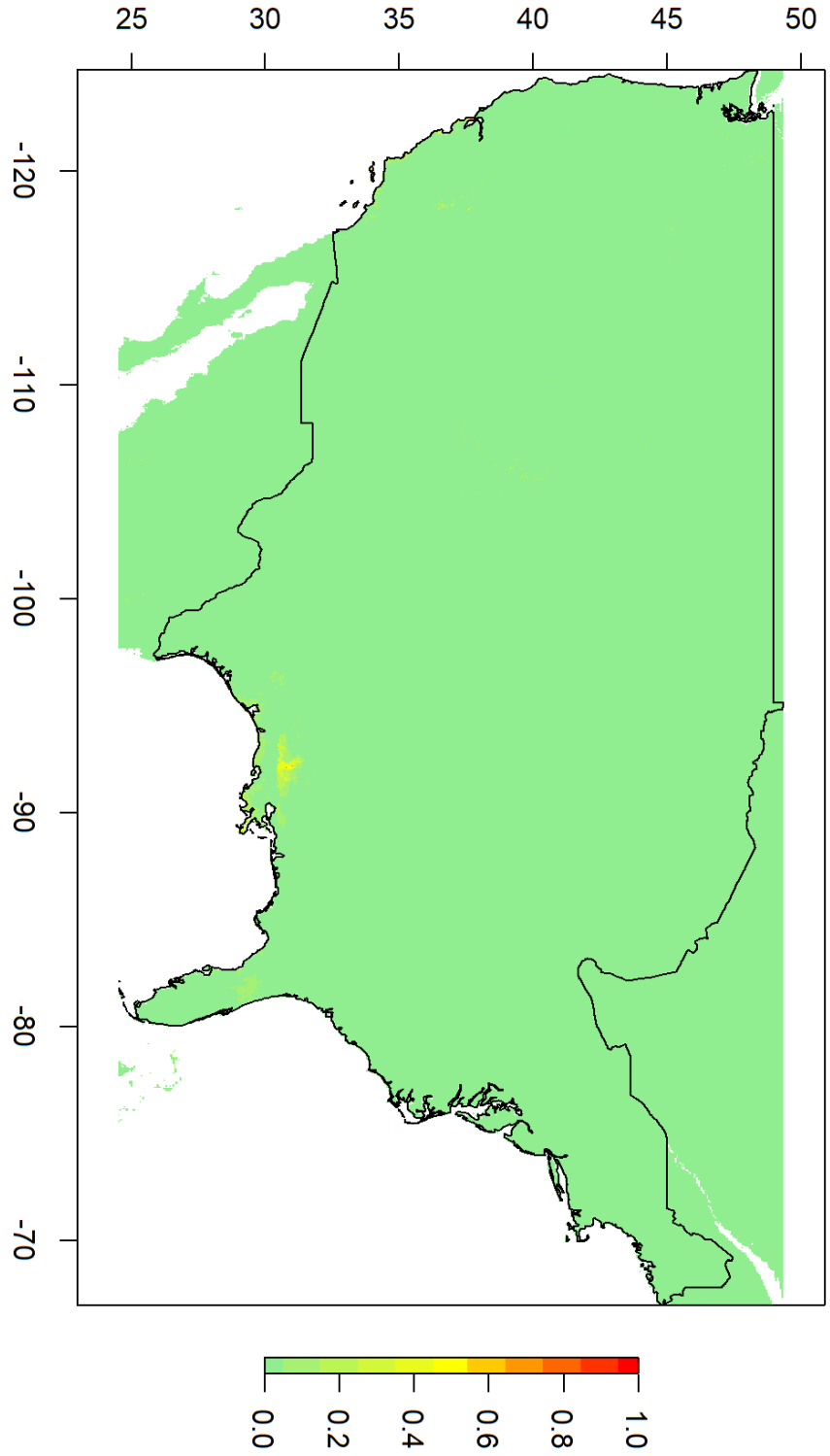
Anexo 1. Mapa de bloques para los registros de *A. novarae*.



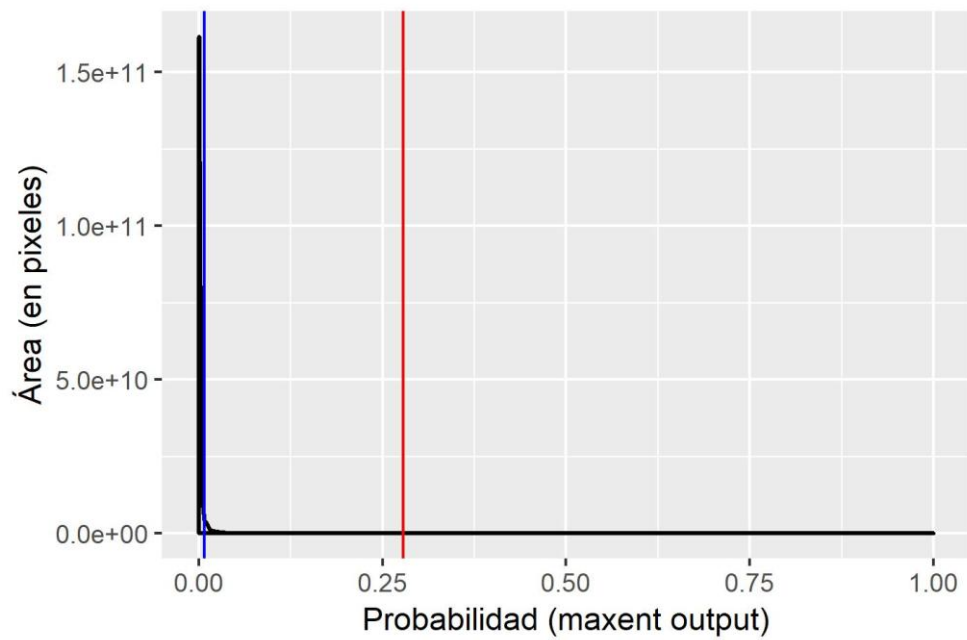
Anexo 2. Proyección logística de *A. novarae* para México.



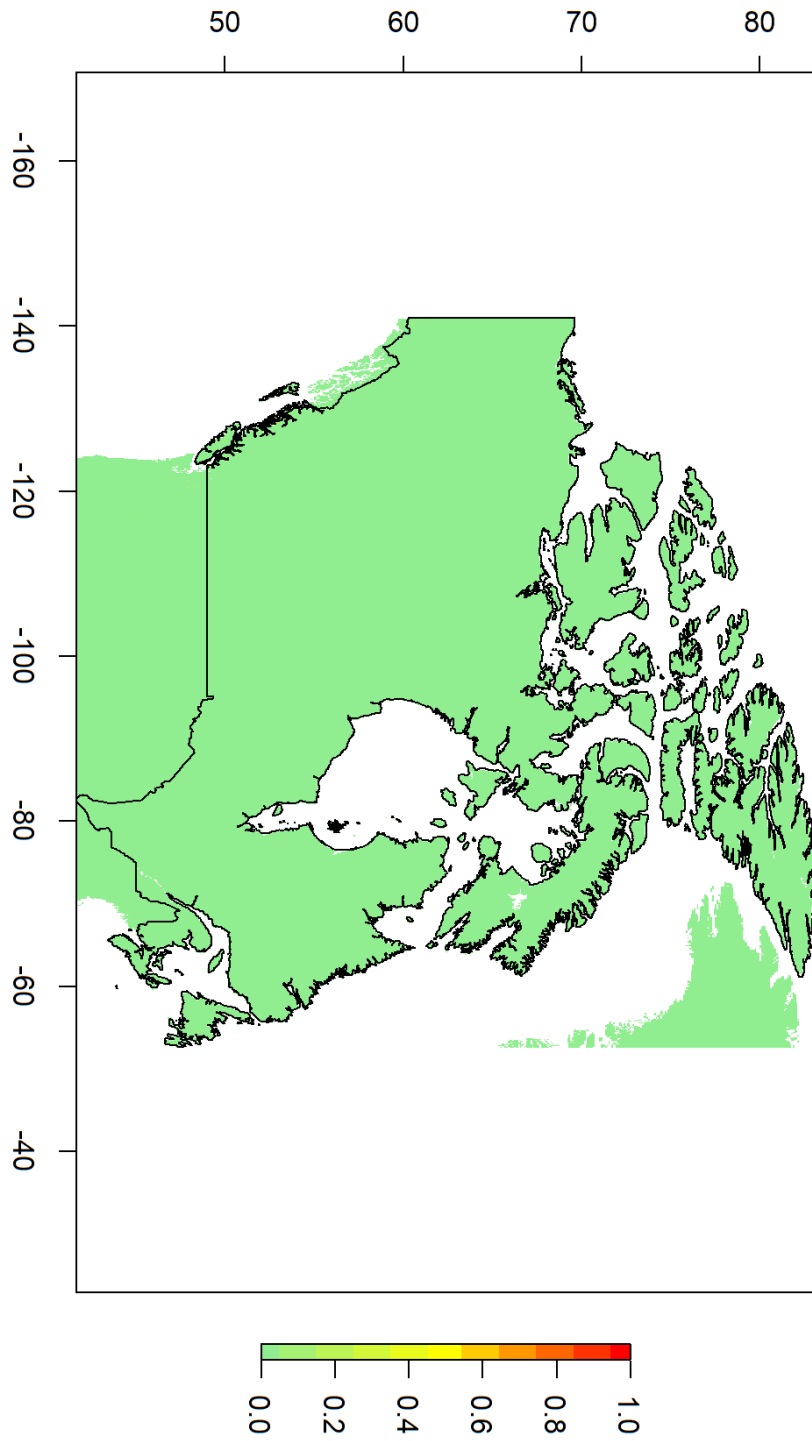
Anexo 3. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *A. novarae* para México. Mínimo (línea azul = 14.15% del área) y percentil 10 (línea roja= 0.06% del área).



Anexo 4. Proyección logística de *A. novarae* para EE.UU.

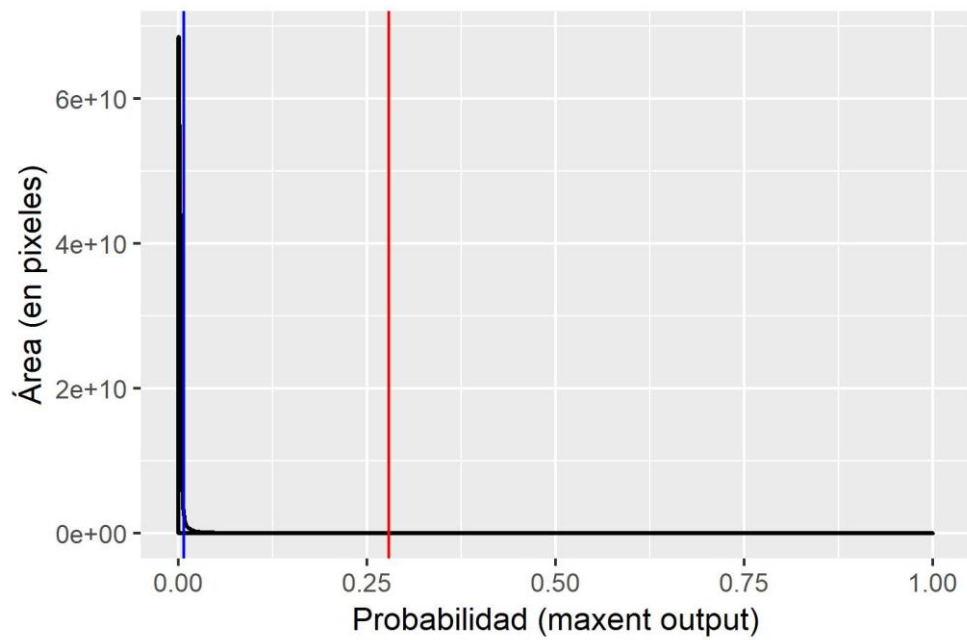


Anexo 5. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *A. novarae* para EE.UU. Mínimo (línea azul = 6.86% del área) y percentil 10 (línea roja= 0.05% del área).

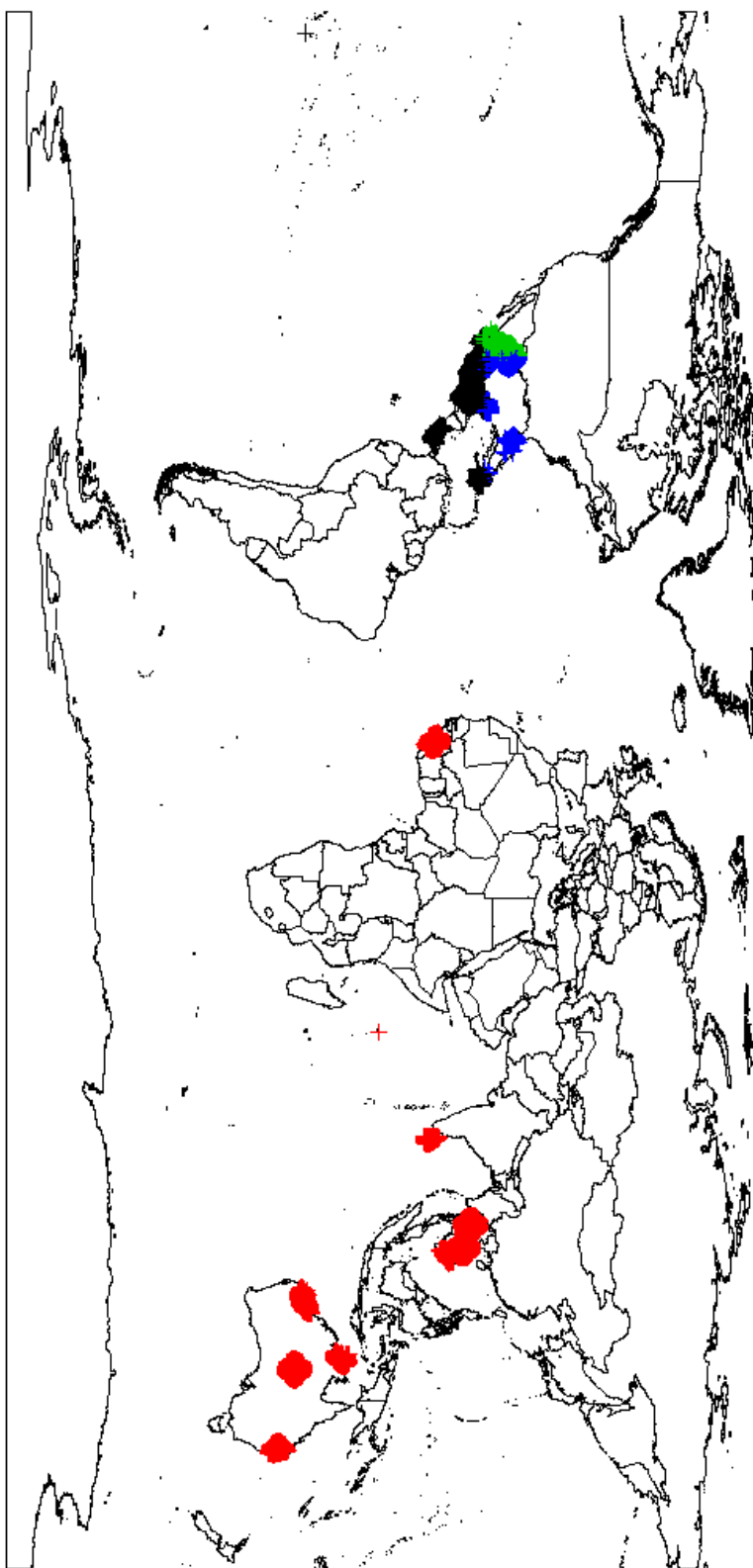


Anexo 6. Proyección logística de *A. novarae* para Canadá

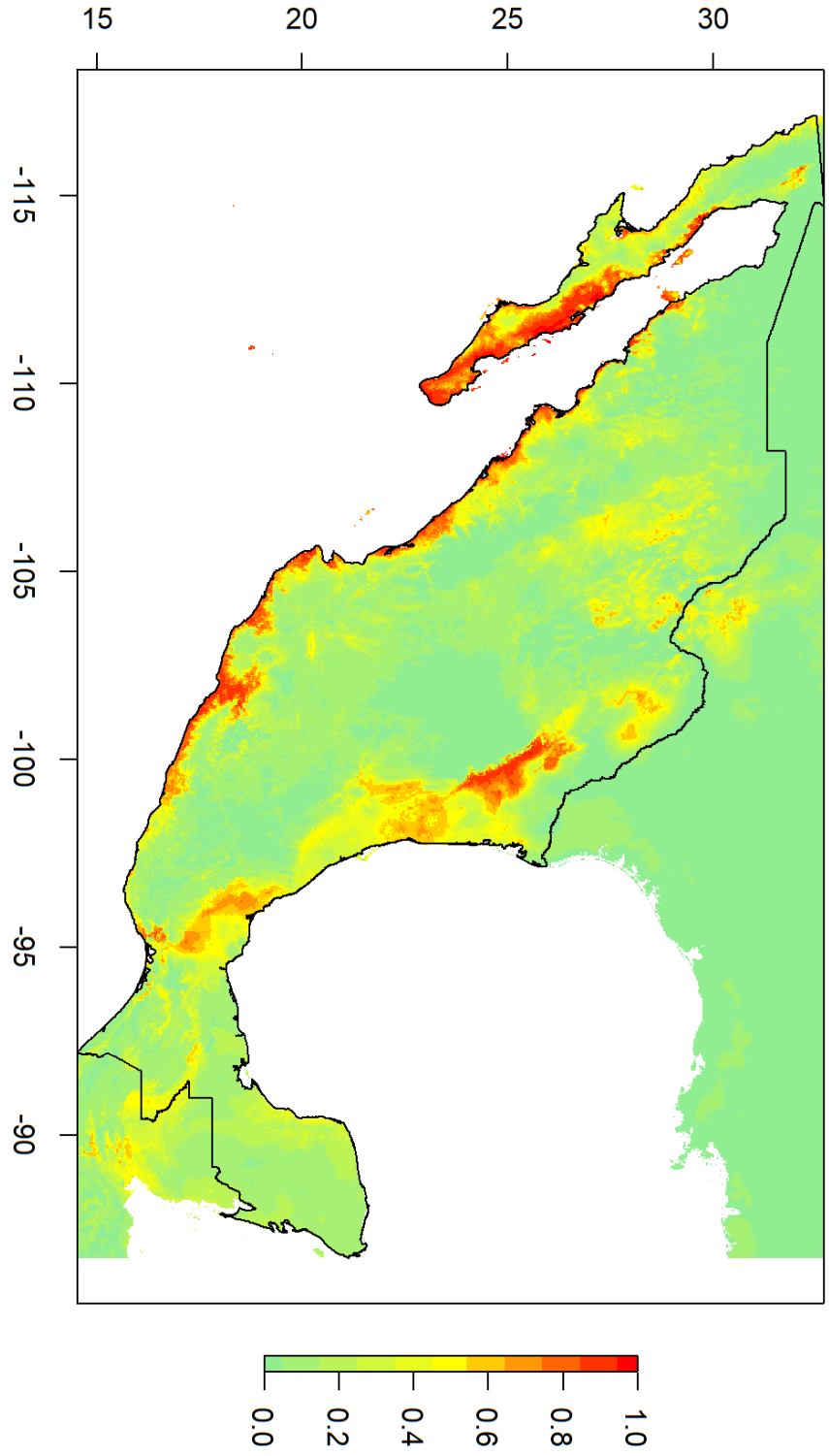




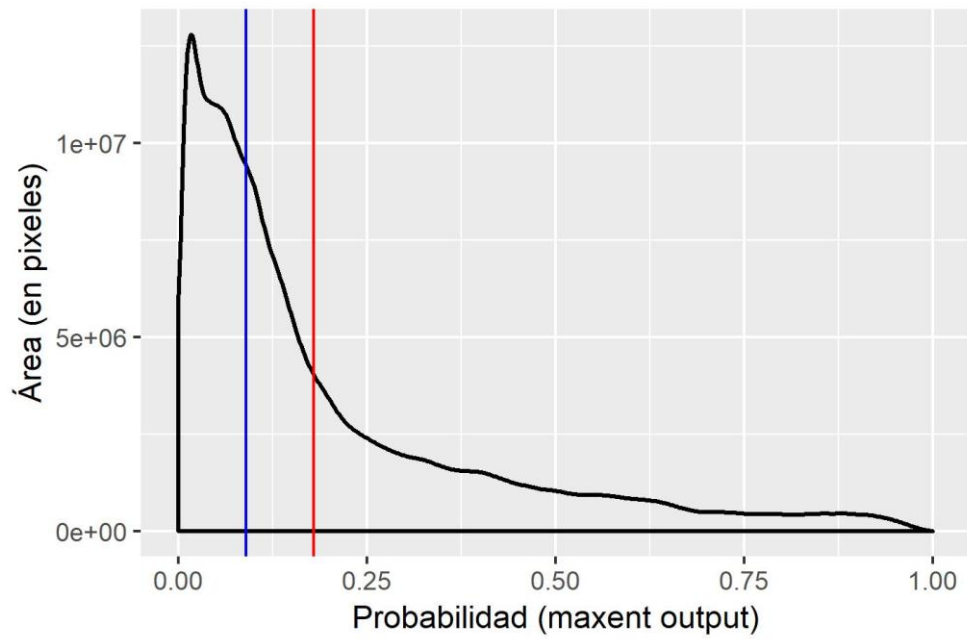
Anexo 7. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *A. novarae* para Canadá. Mínimo (línea azul = 5.94% del área) y percentil 10 (línea roja= 0% del área).



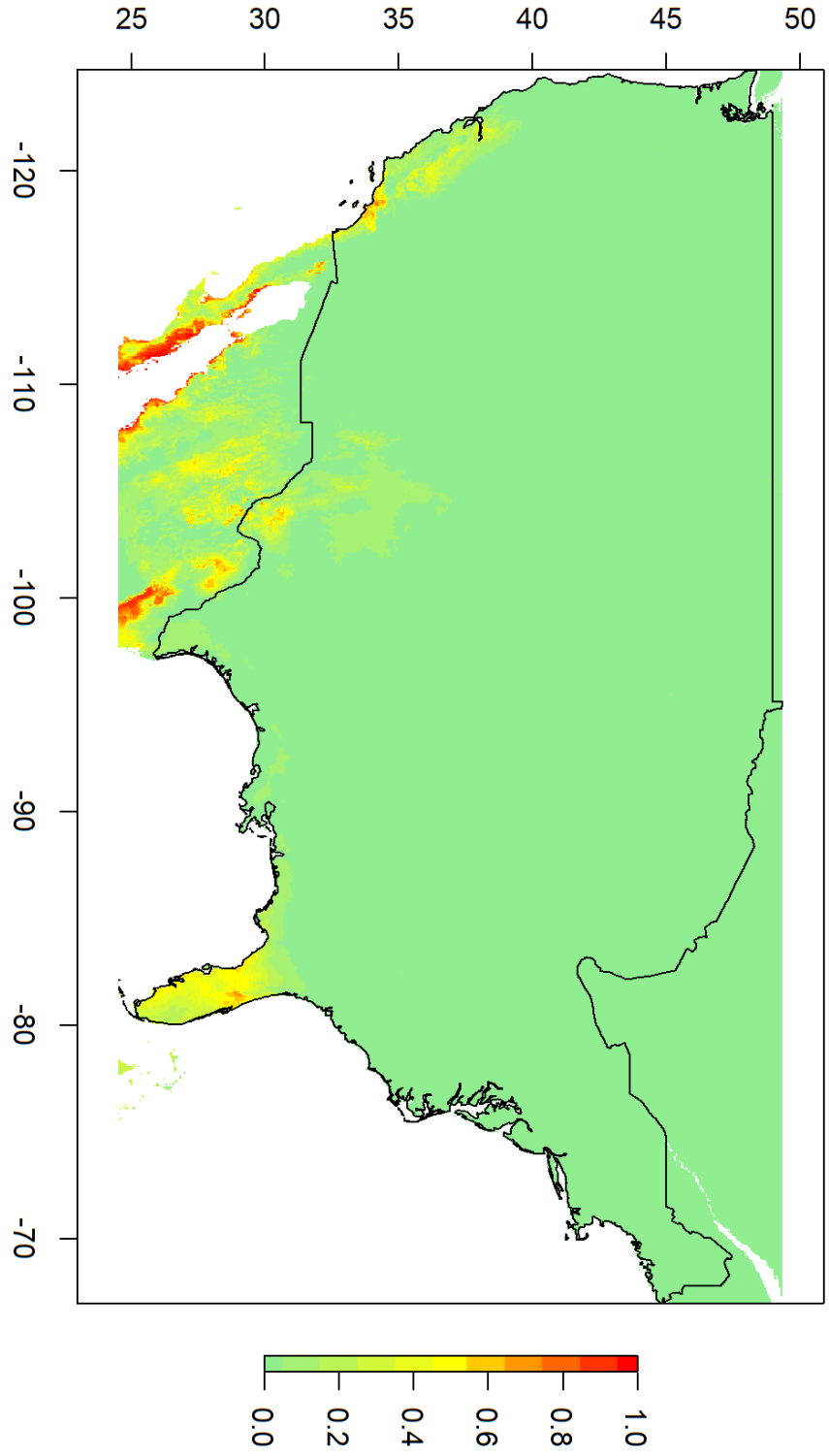
Anexo 8. Mapa de bloques para los registros de *A. coarctata*.



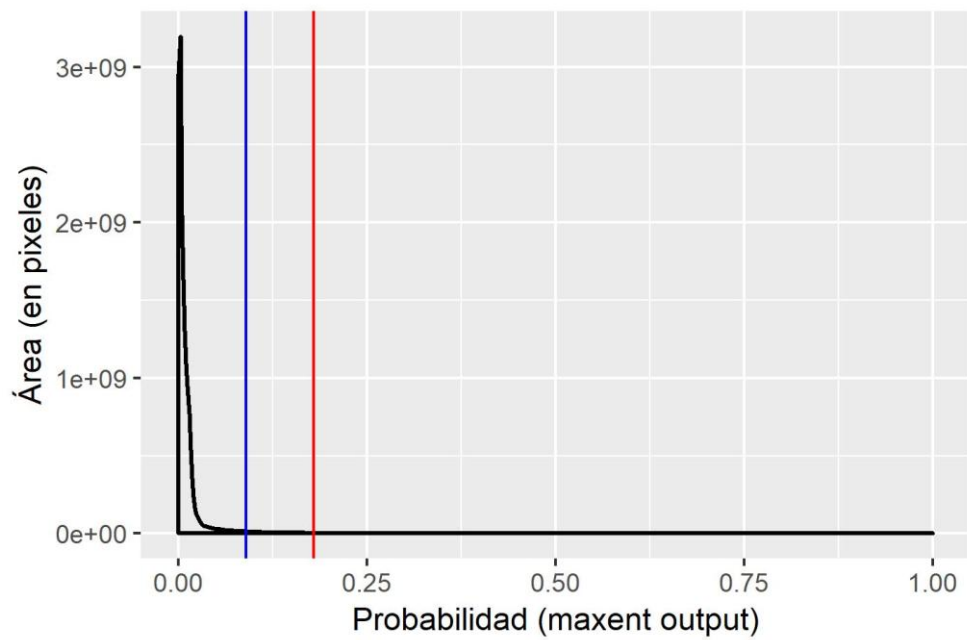
Anexo 9. Proyección logística de *A. coarctata* para México.



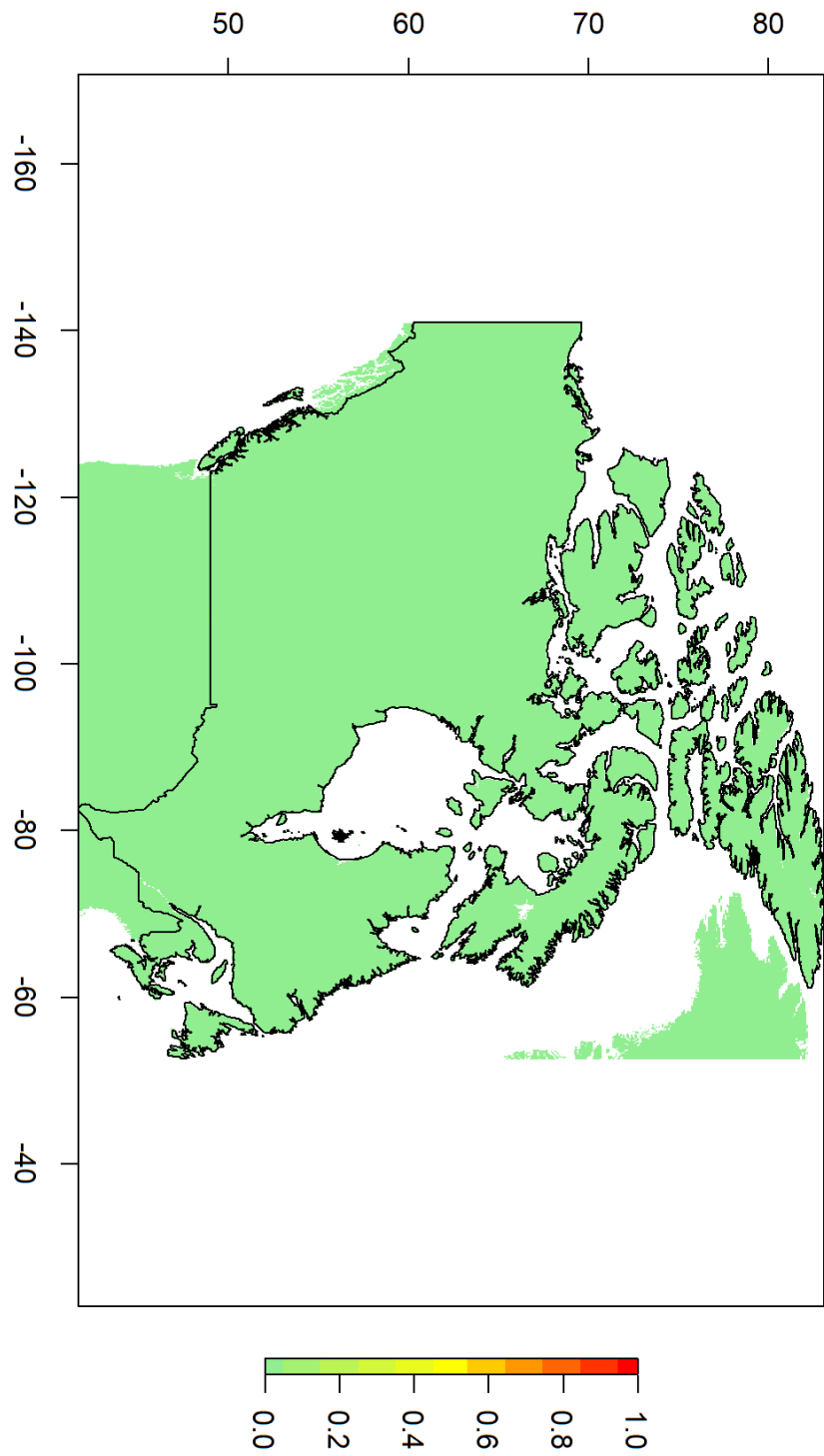
Anexo 10. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *A. coarctata* para México. Mínimo (línea azul = 56.62% del área) y percentil 10 (línea roja= 35.9% del área).



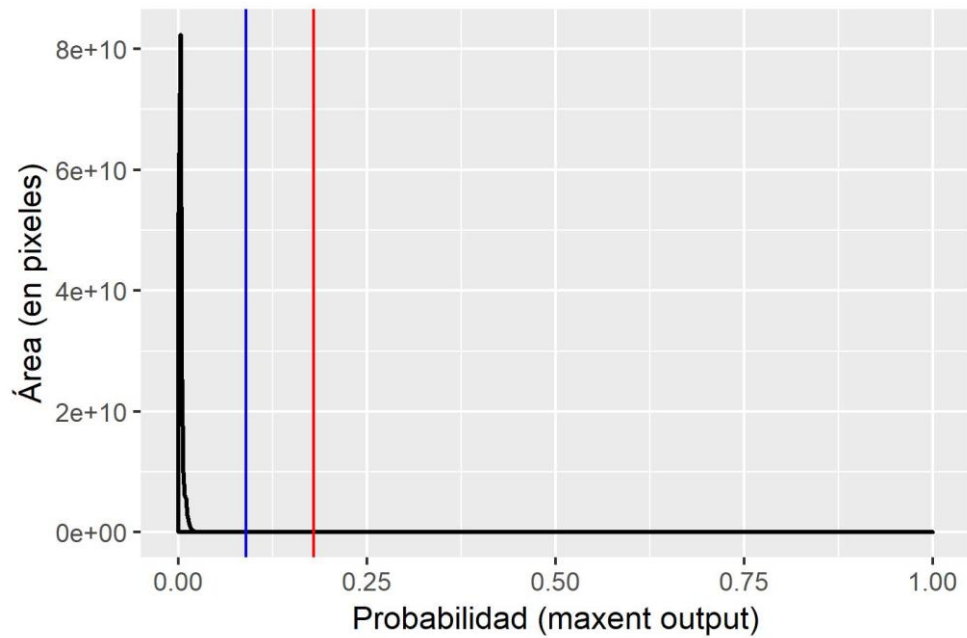
Anexo 11. Proyección logística de *A. coarctata* para EE.UU.



Anexo 12. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *A. coarctata* para EE.UU. Mínimo (línea azul = 3.76% del área) y percentil 10 (línea roja= 2.19% del área).

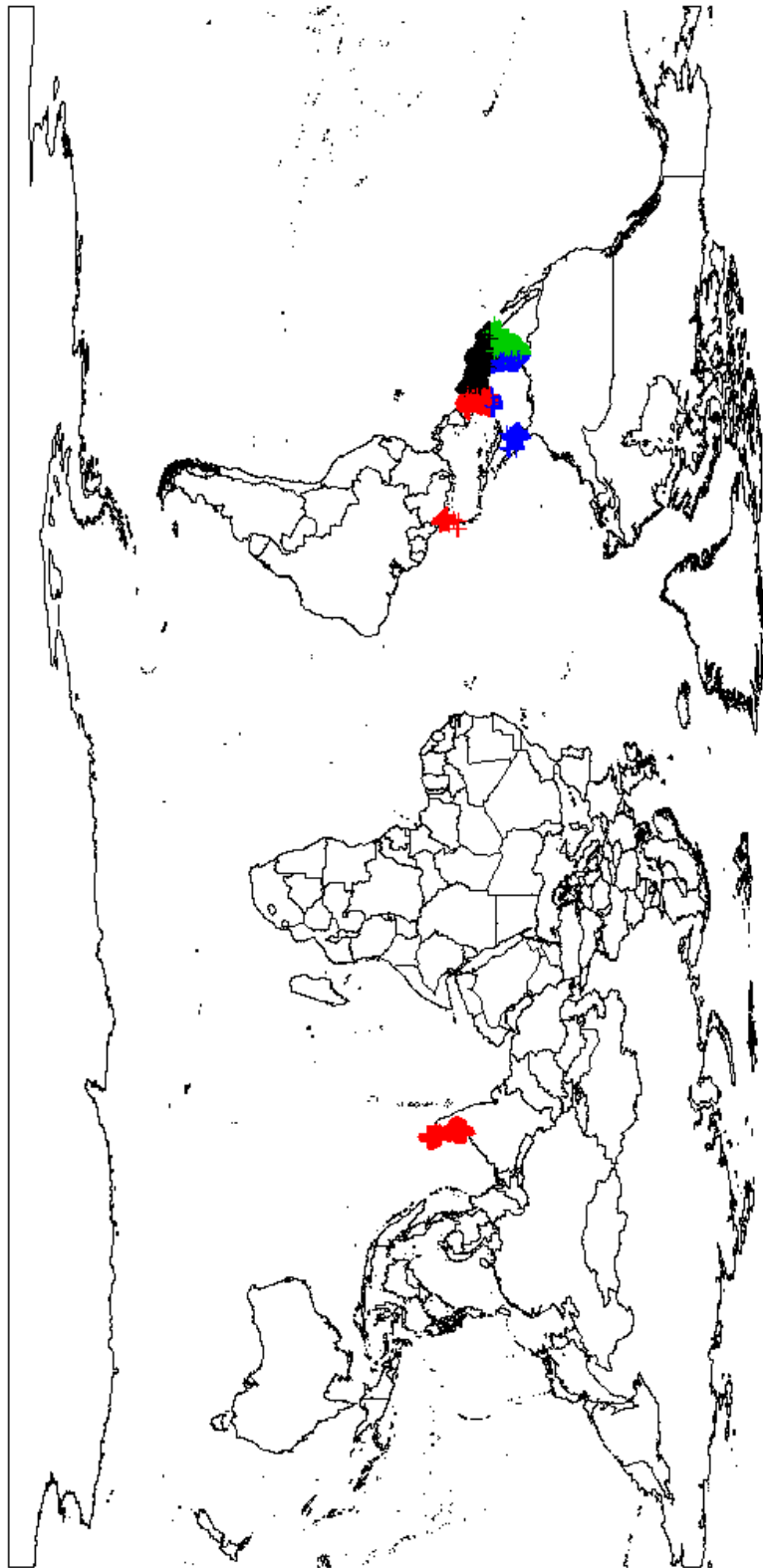


Anexo 13. Proyección logística de *A. coarctata* para Canadá

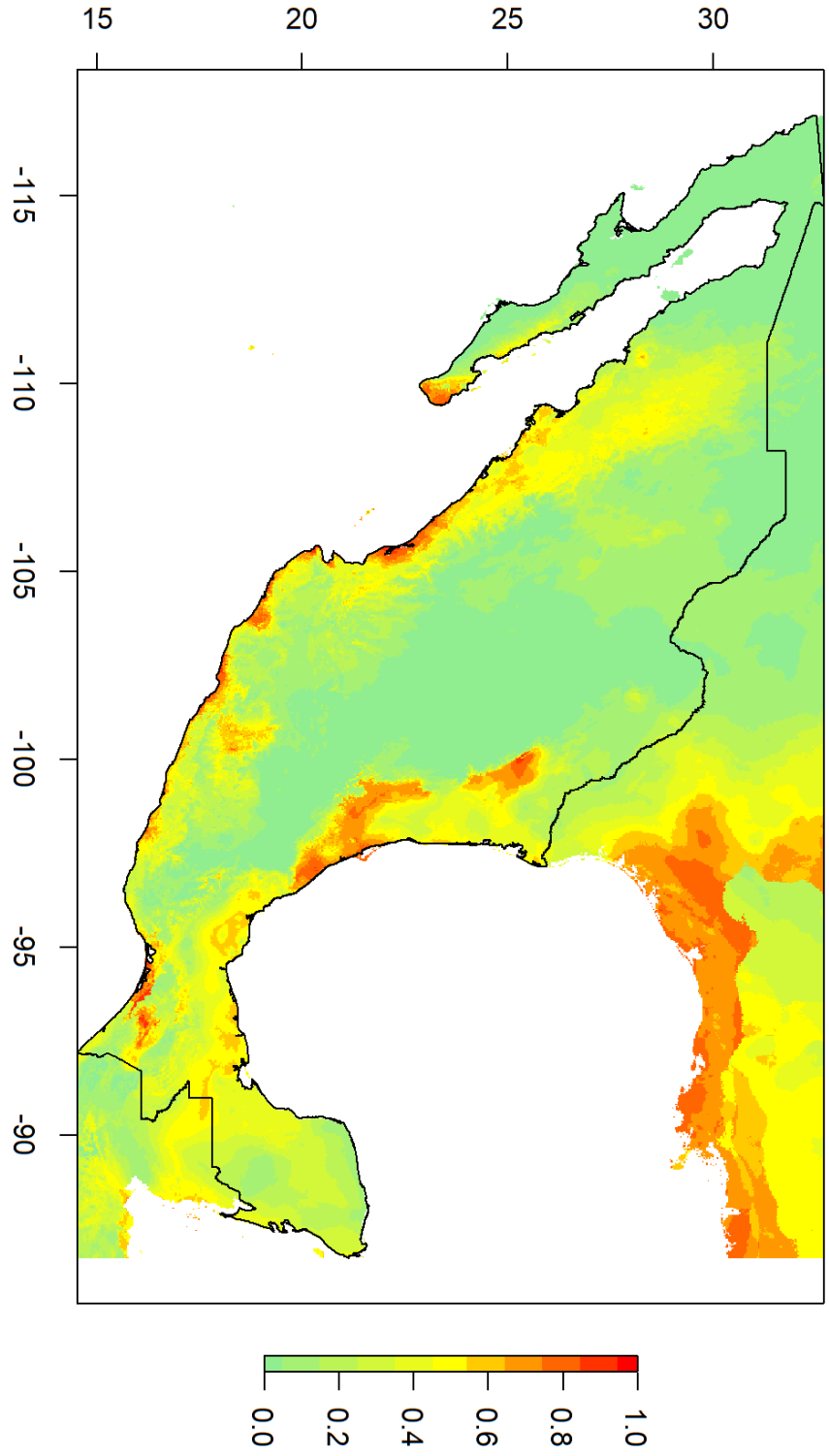


Anexo 14. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *A. coarctata* para Canadá. Mínimo (línea azul = 0% del área) y percentil 10 (línea roja= 0% del área).

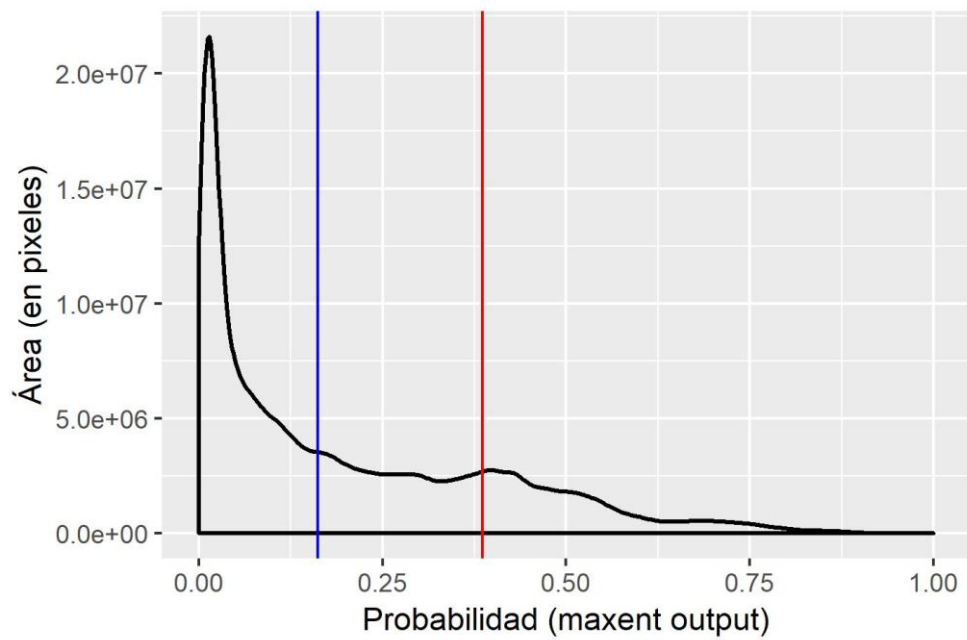




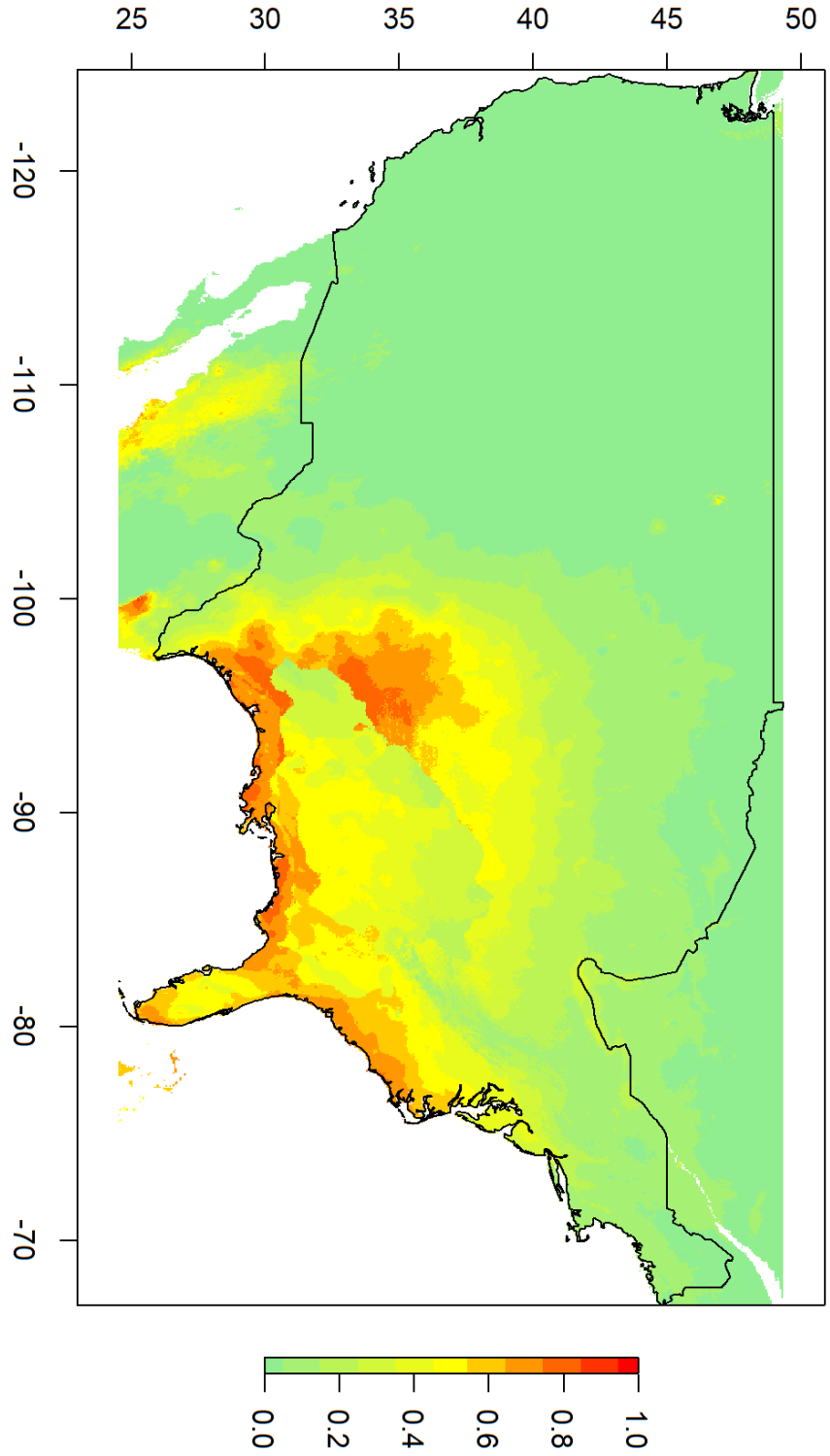
Anexo 15. Mapa de bloques para los registros de *C. xanthotricha*.



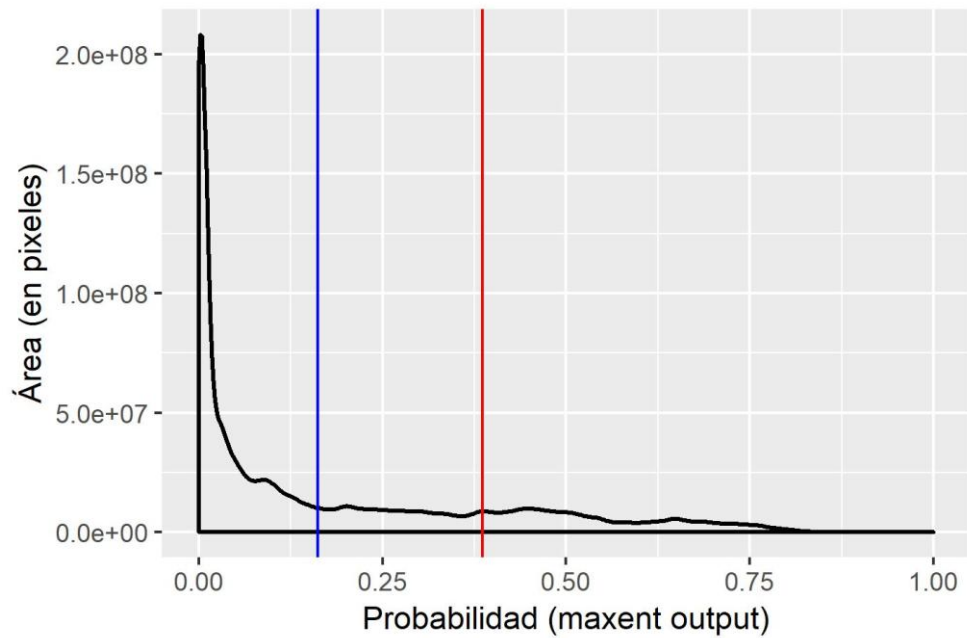
Anexo 16. Proyección logística de *C. xanthotricha* para México.



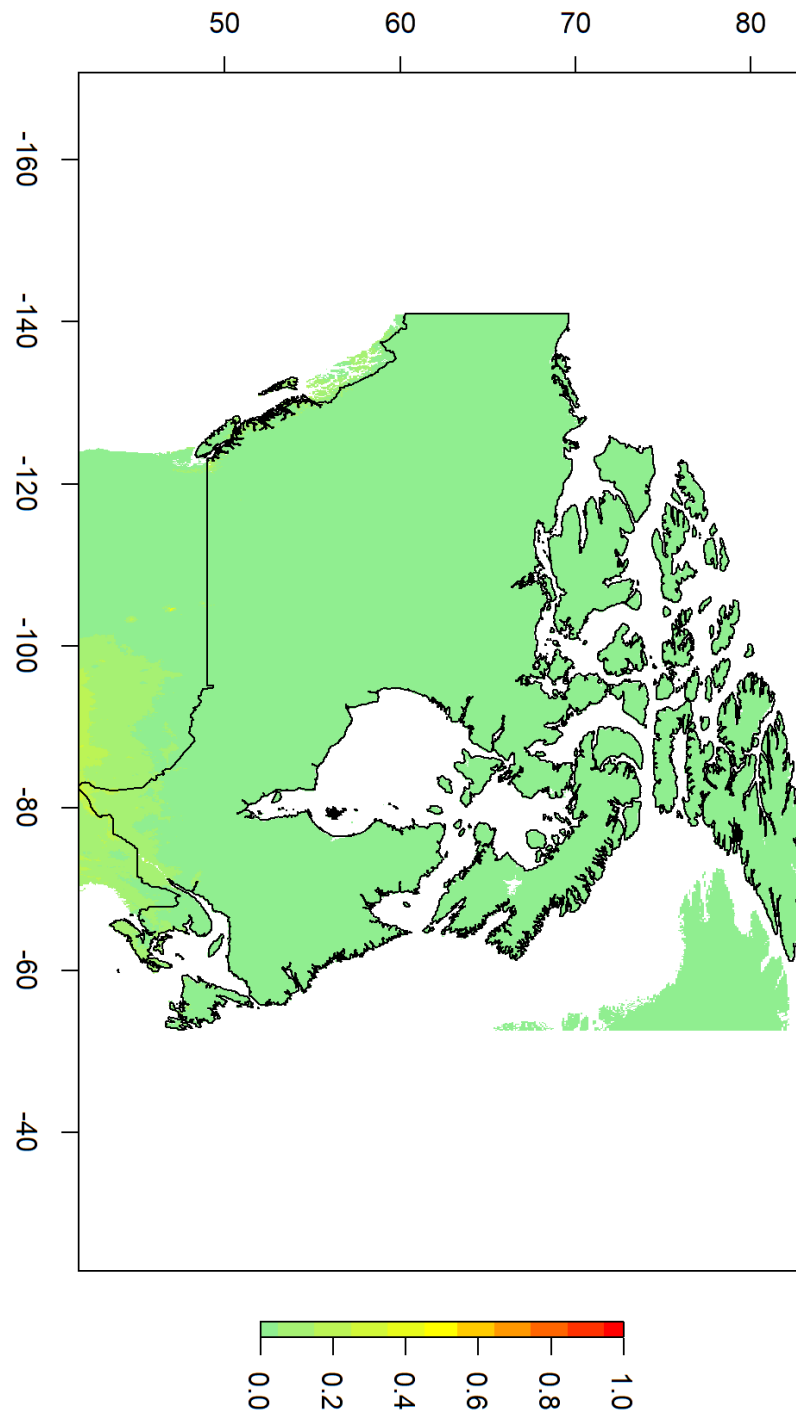
Anexo 17. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *C. xanthotricha* para México. Mínimo (línea azul = 43.96% del área) y percentil 10 (línea roja= 20.05% del área).



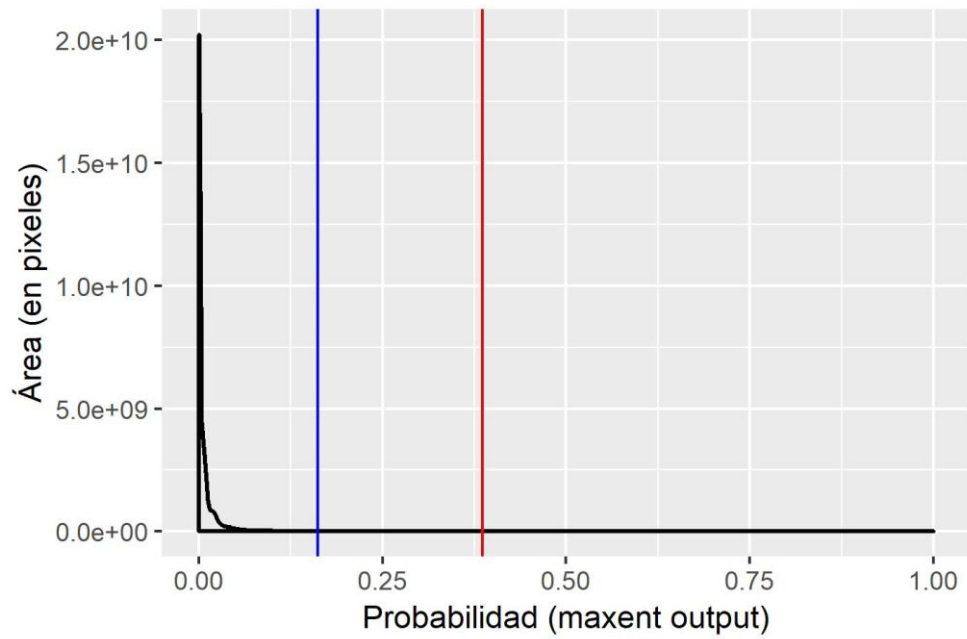
Anexo 18. Proyección logística de *C. xanthotricha* para EE.UU.



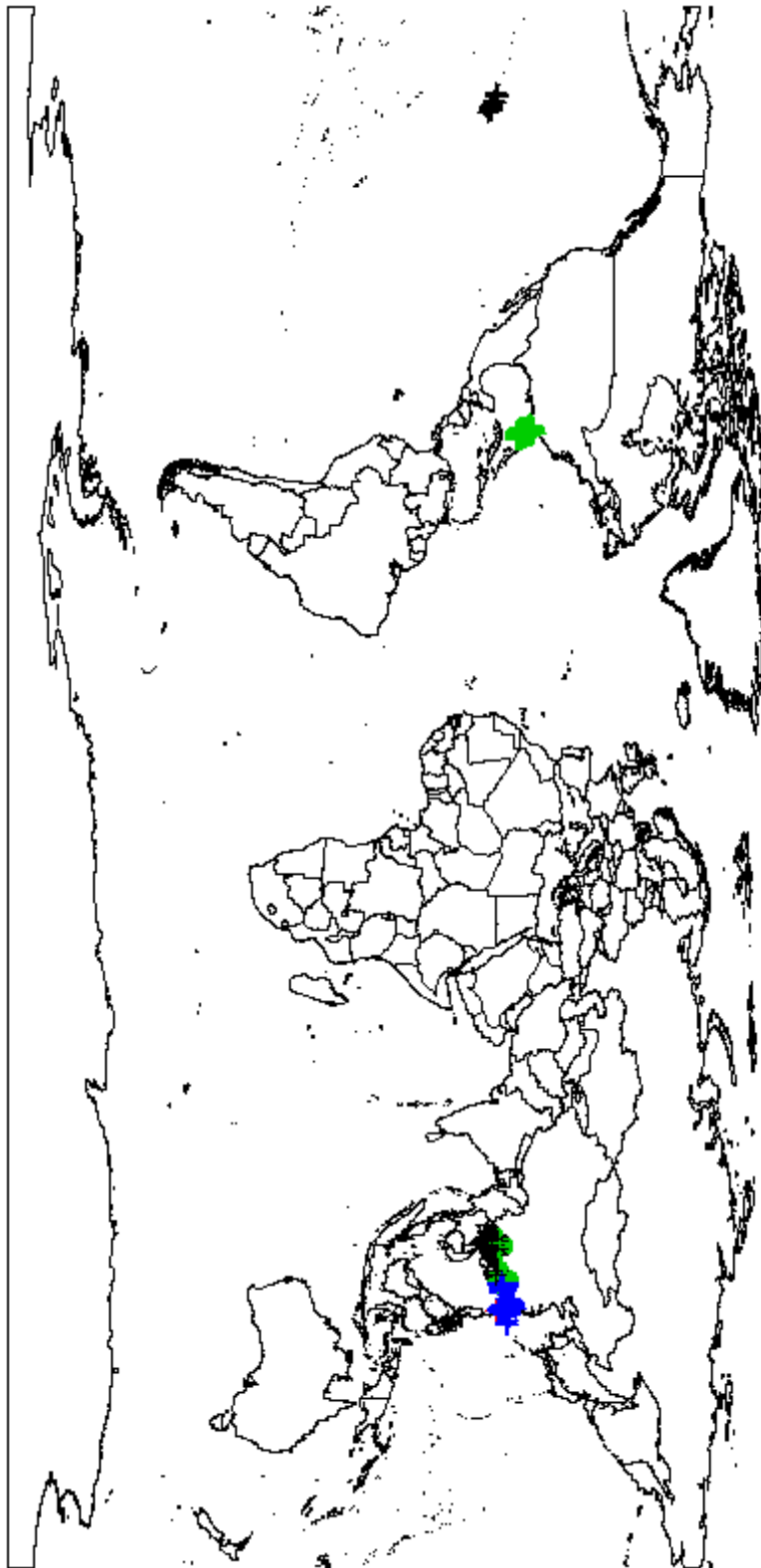
Anexo 19. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *C. xanthotricha* para EE.UU. Mínimo (línea azul = 35.85% del área) y percentil 10 (línea roja= 19.48% del área).



Anexo 20. Proyección logística de *C. xanthotricha* para Canadá

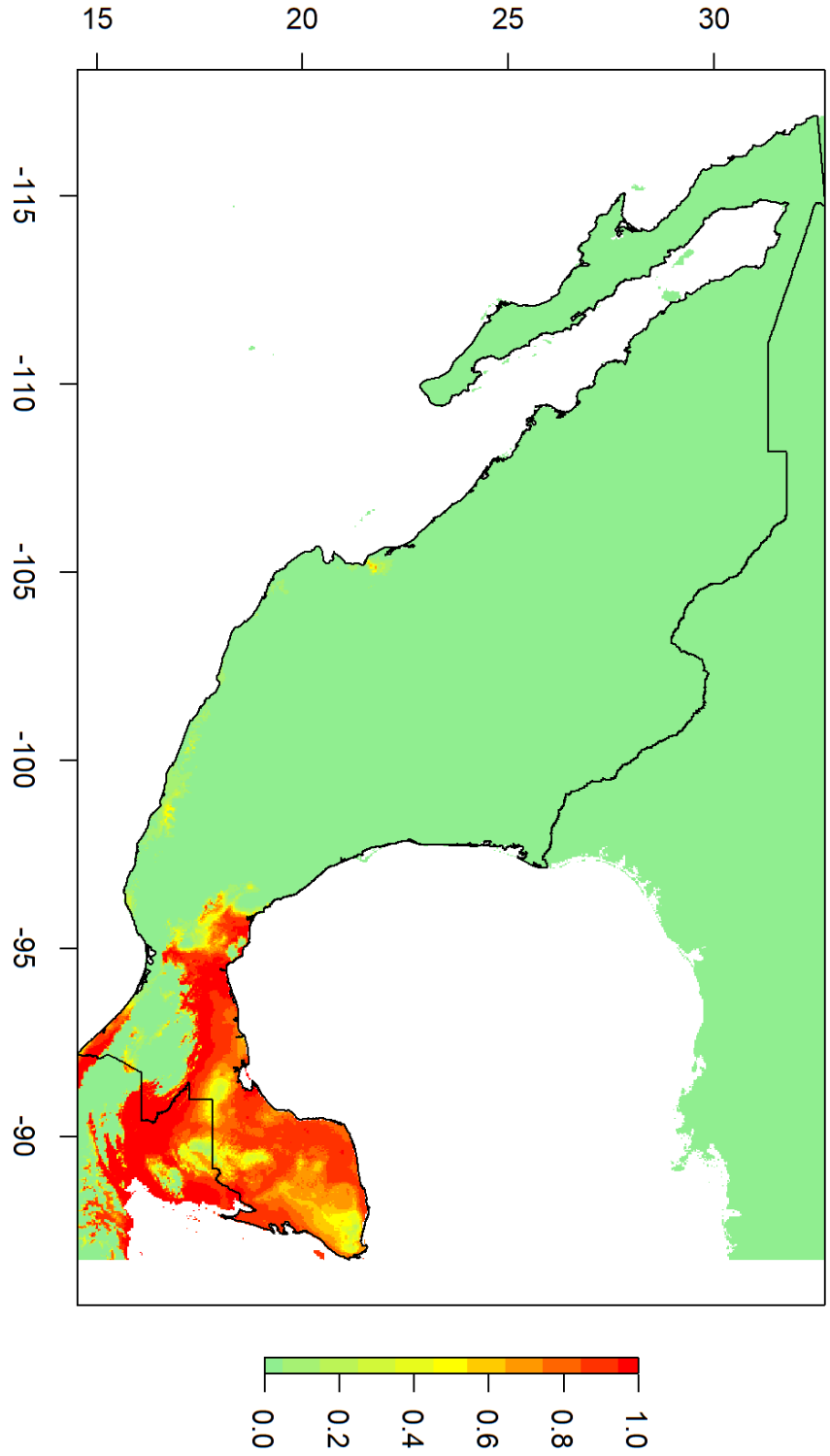


Anexo 21. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *C. xanthotricha* para Canadá. Mínimo (línea azul = 0.14% del área) y percentil 10 (línea roja = 0% del área).

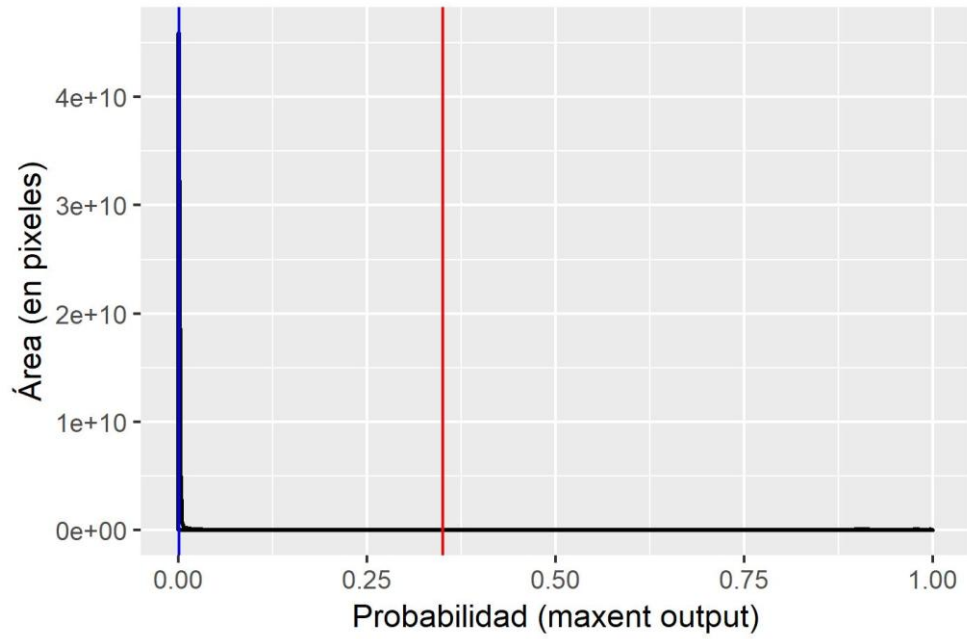


Anexo 22. Mapa de bloques para los registros de *H. holstii*.

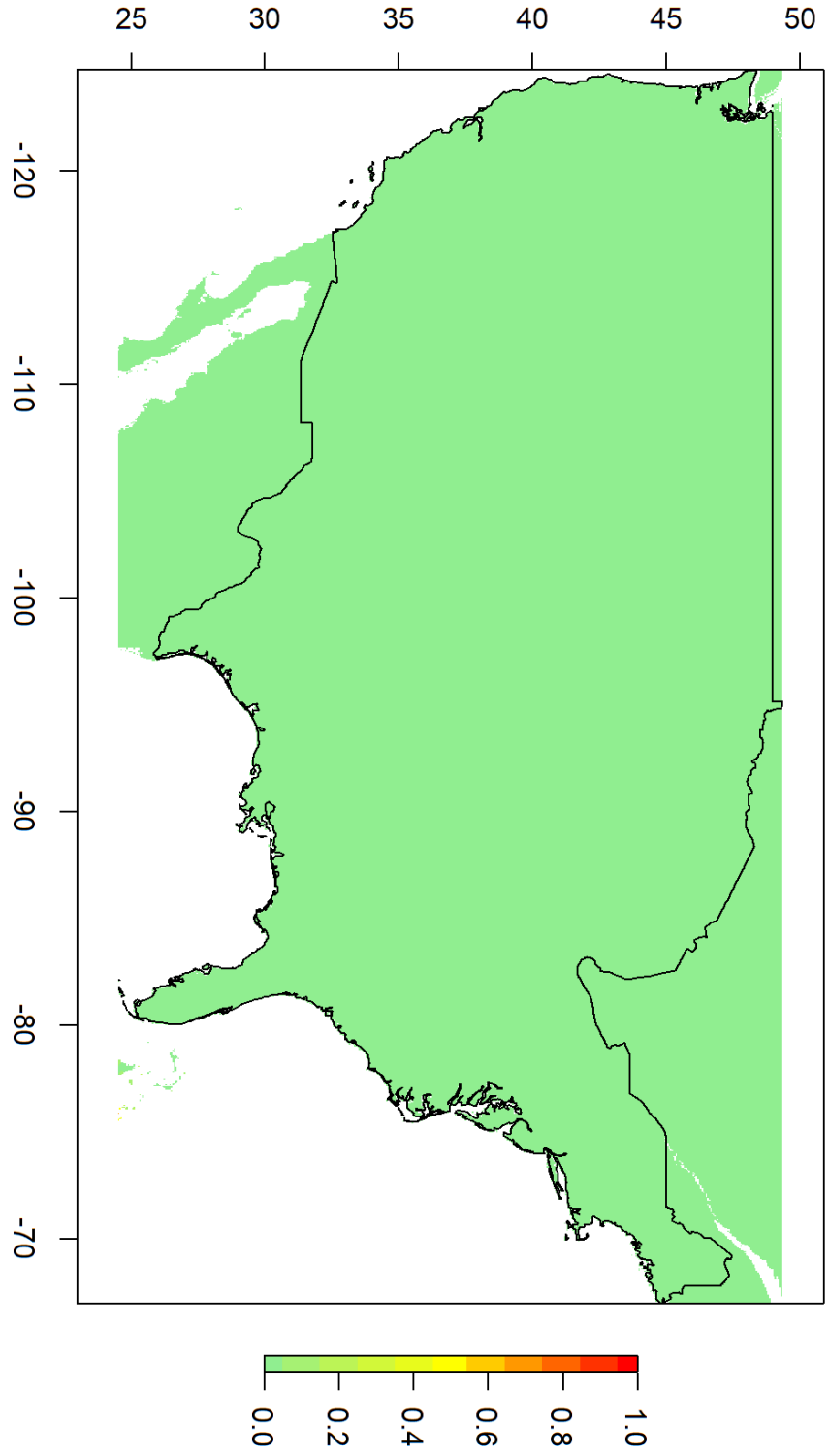




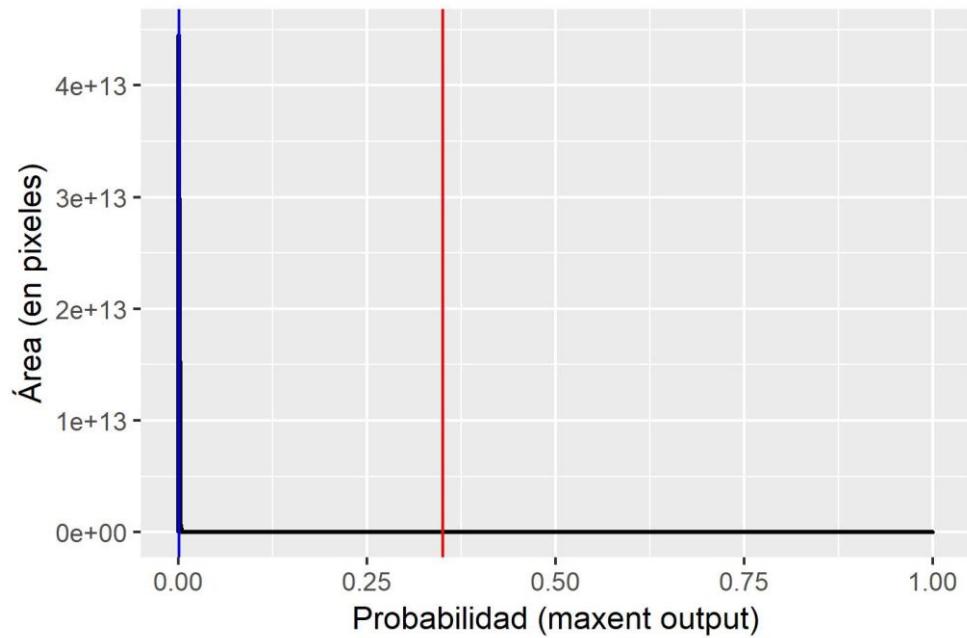
Anexo 23. Proyección logística de *H. holstii* para México.



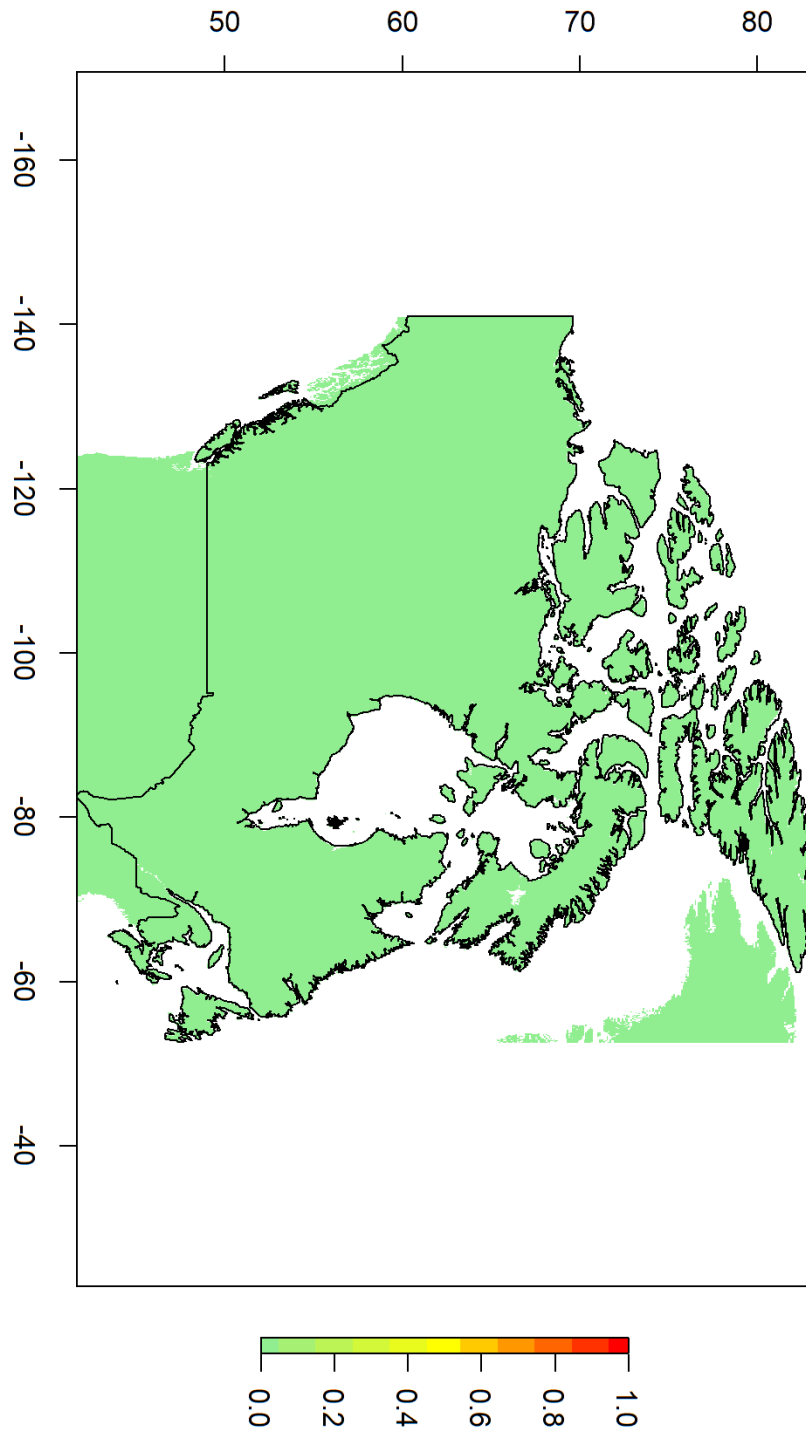
Anexo 24. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *H. holstii* para México. Mínimo (línea azul = 23.79% del área) y percentil 10 (línea roja= 10.99% del área).



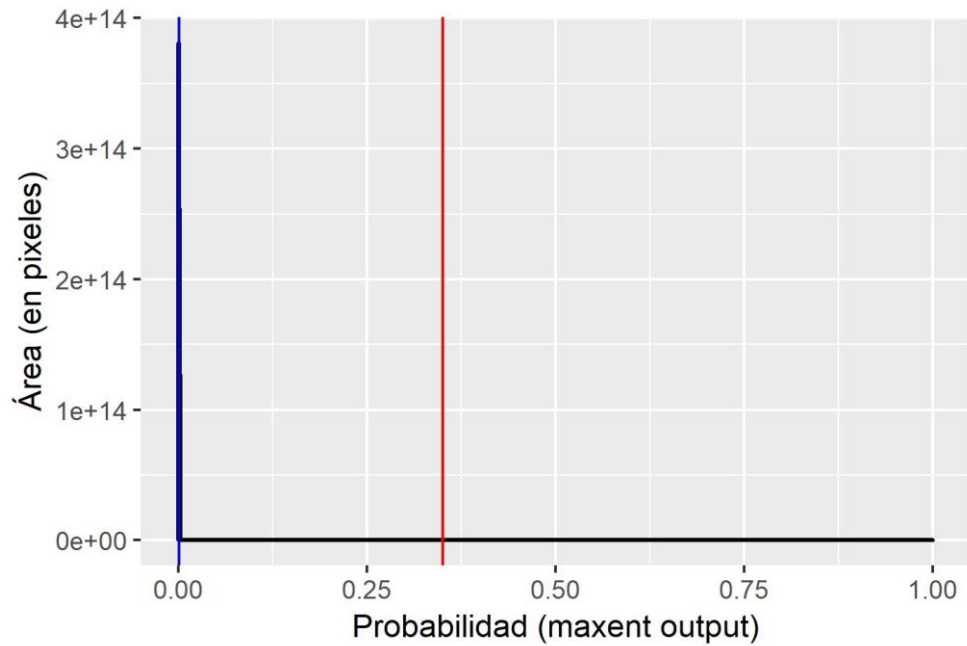
Anexo 25. Proyección logística de *H. holstii* para EE.UU.



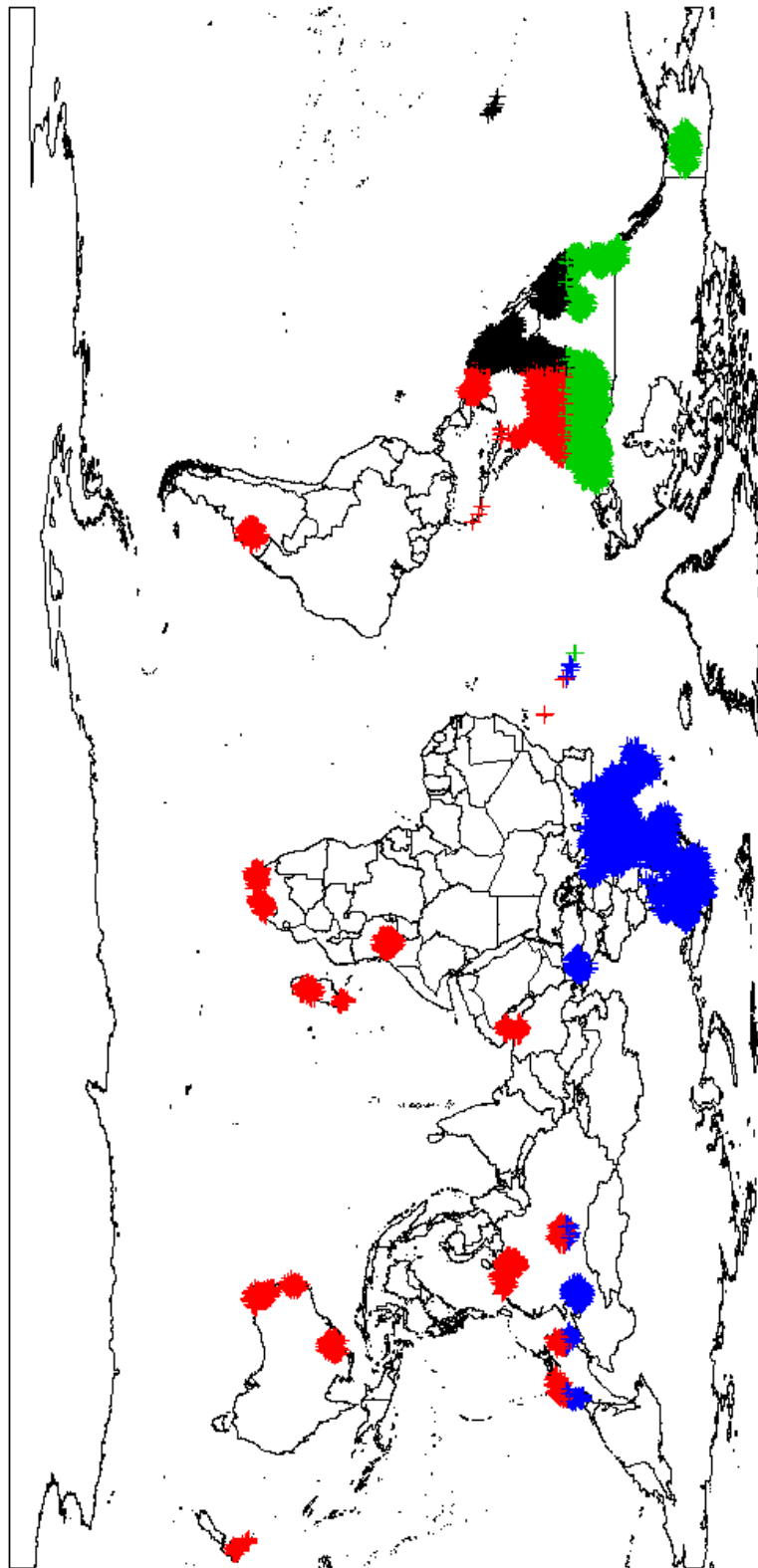
Anexo 26. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *H. holstii* para EE.UU. Mínimo (línea azul = 1.69% del área) y percentil 10 (línea roja= 0% del área).



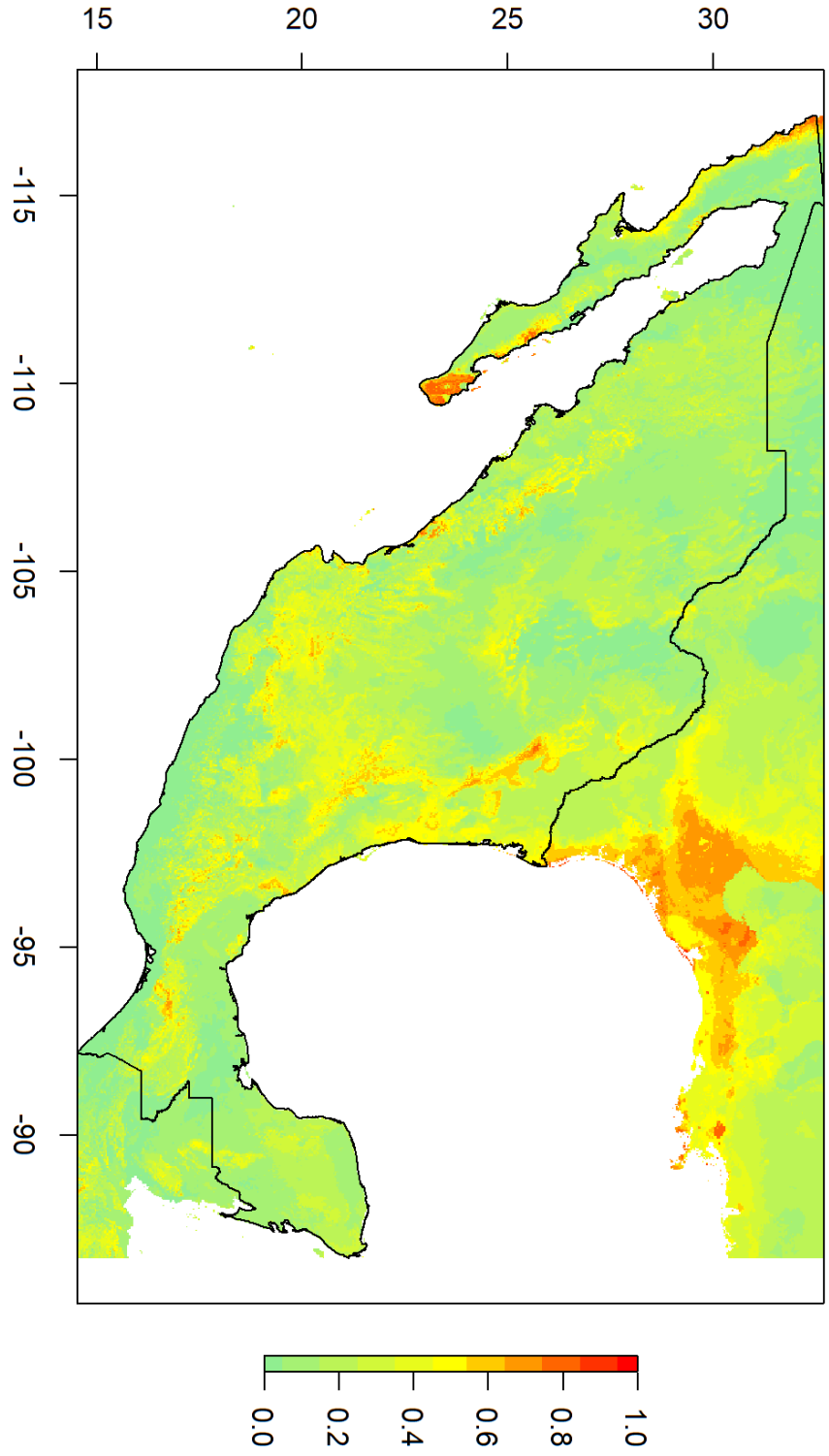
Anexo 27. Proyección logística de *H. holstii* para Canadá.



Anexo 28. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *H. holstii* para Canadá. Mínimo (línea azul = 0% del área) y percentil 10 (línea roja= 0% del área).

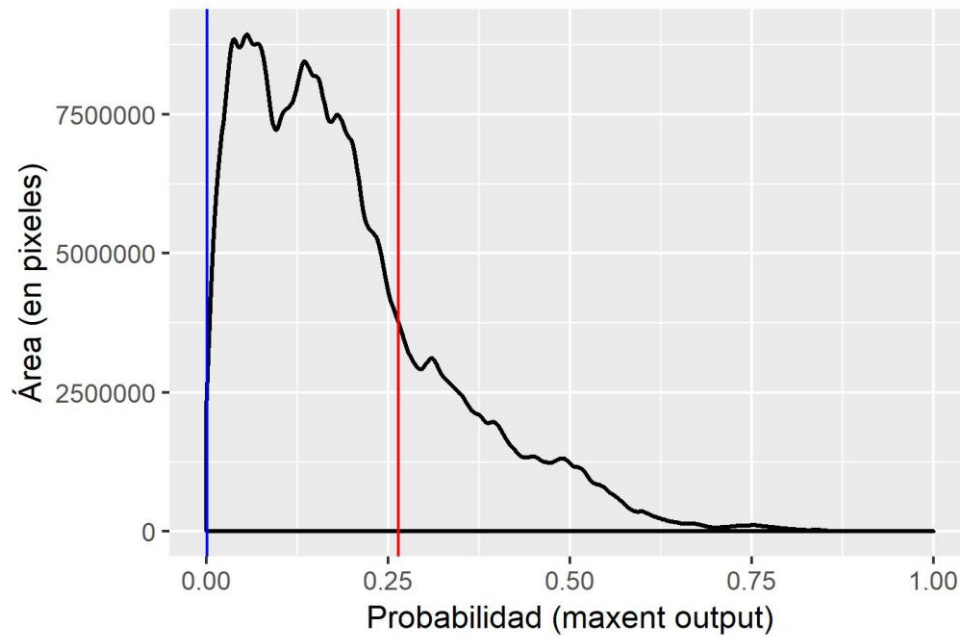


Anexo 29. Mapa de bloques para los registros de *O. gracilis*.

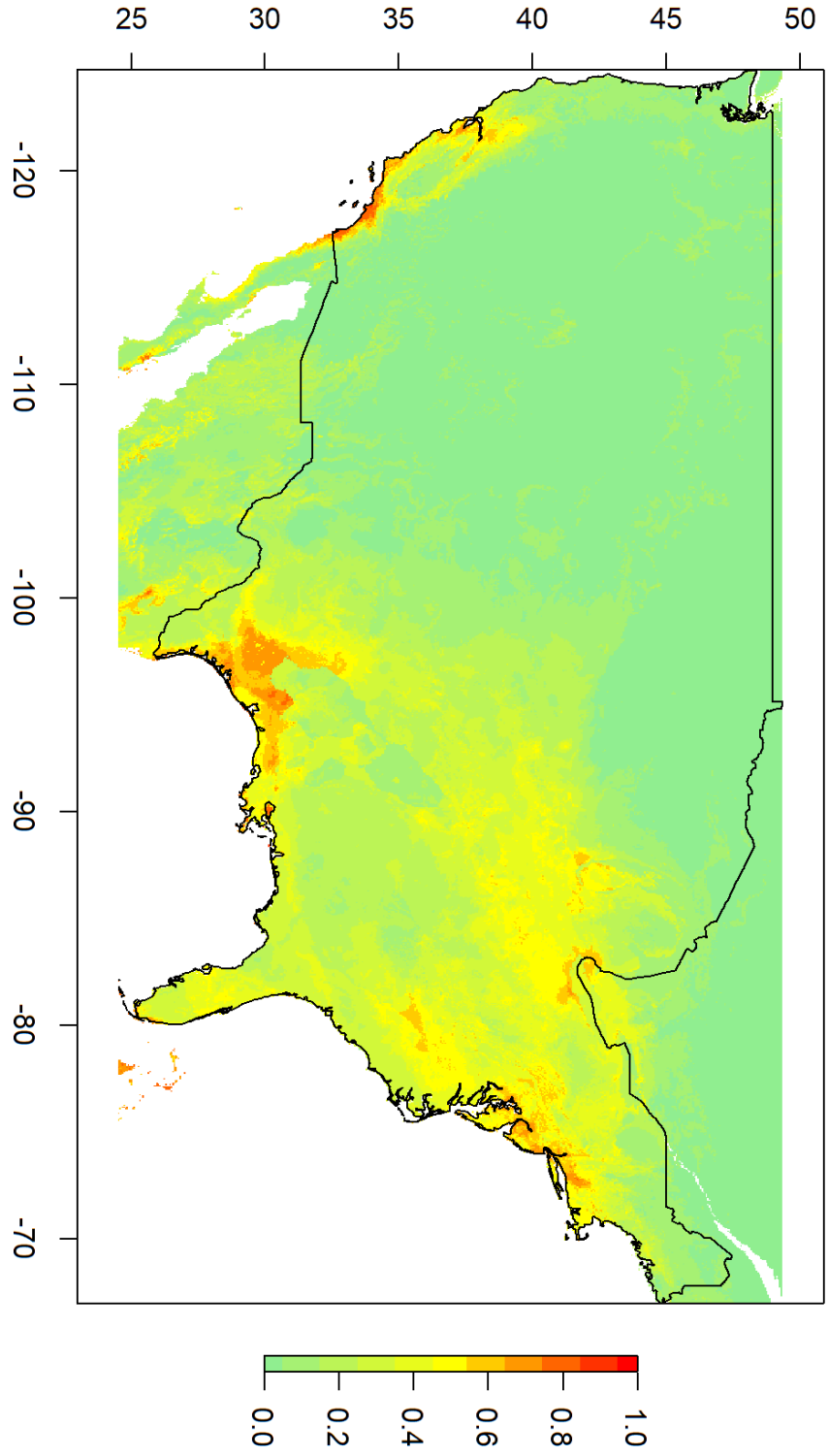


Anexo 30. Proyección logística de *O. gracilis* para México.

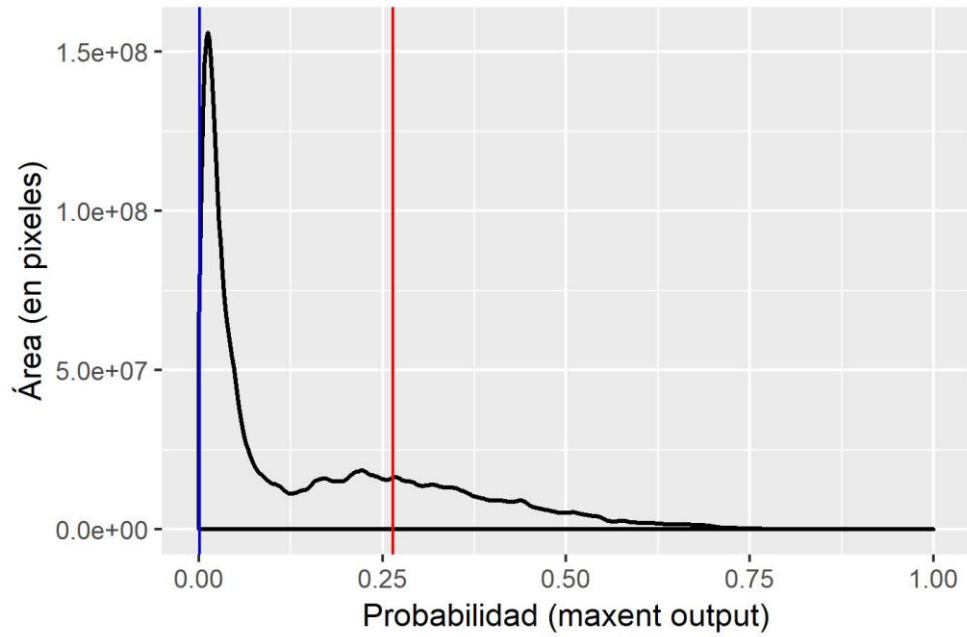




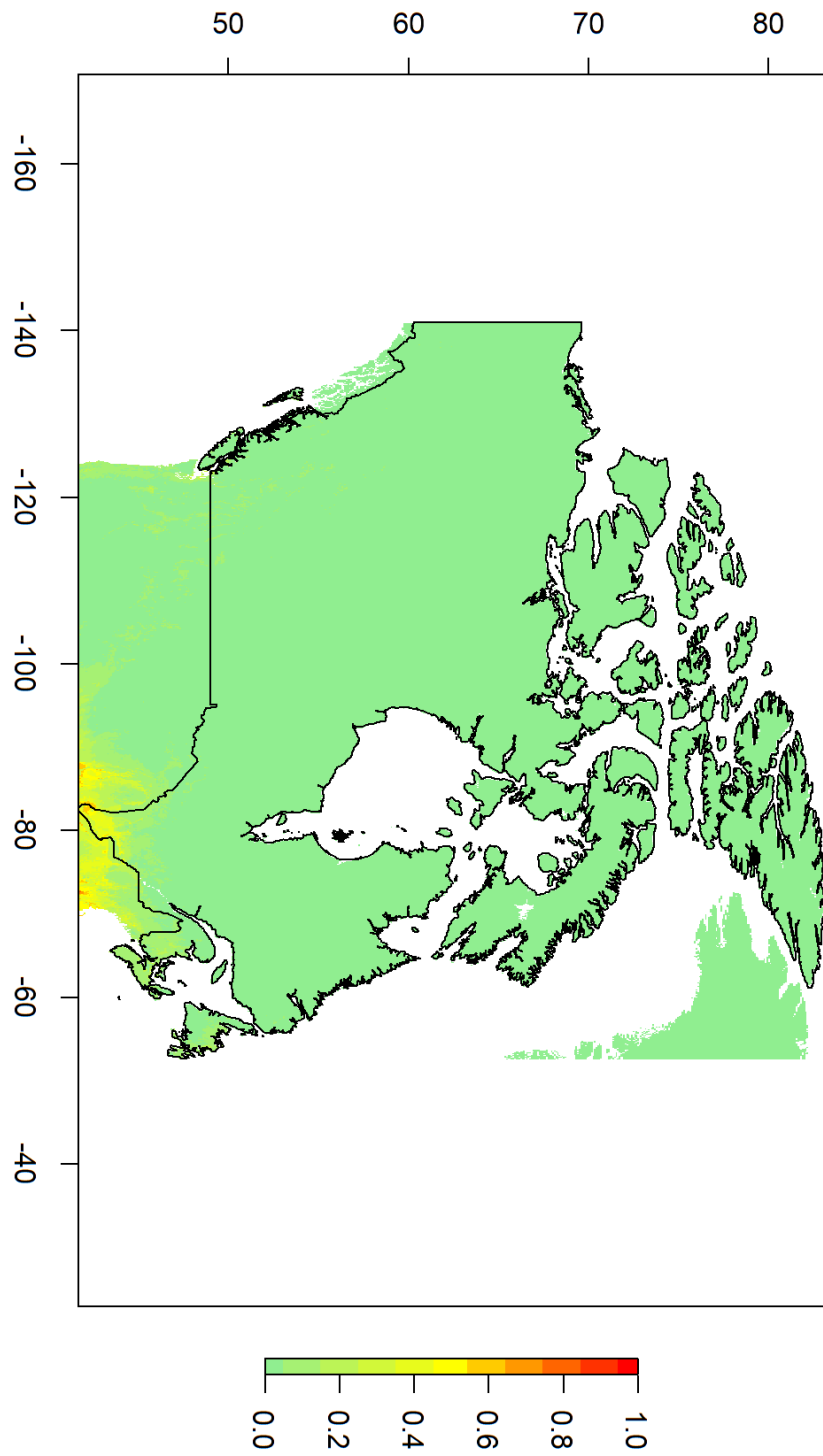
Anexo 31. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *O. gracilis* para México. Mínimo (línea azul = 99.87% del área) y percentil 10 (línea roja= 24.16% del área).



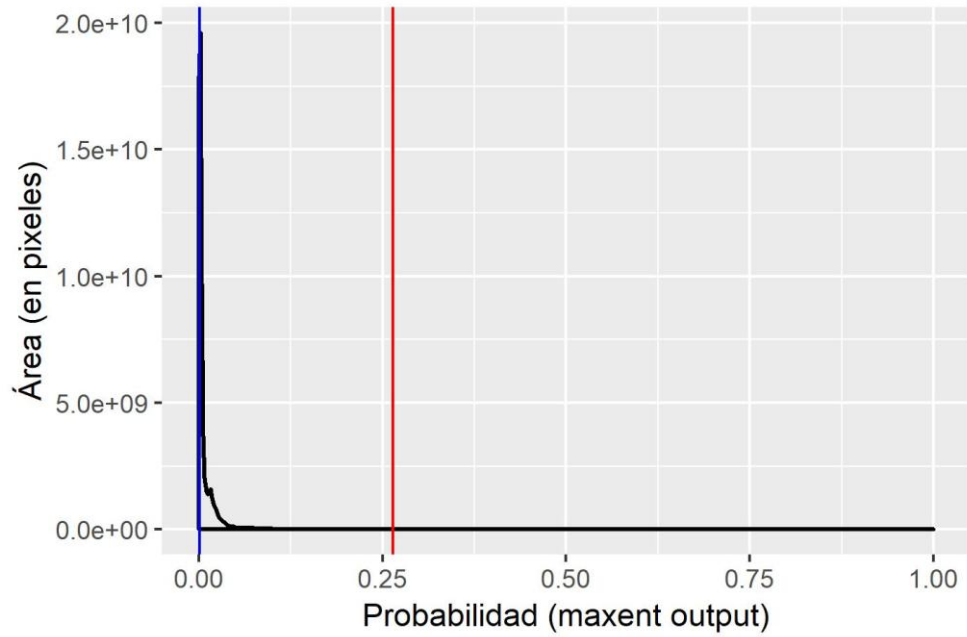
Anexo 32. Proyección logística de *O. gracilis* para EE.UU.



Anexo 33. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *O. gracilis* para EE.UU. Mínimo (línea azul = 99.77% del área) y percentil 10 (línea roja= 25.49% del área).



Anexo 34. Proyección logística de *O. gracilis* para Canadá.



Anexo 35. Densidad de valores por pixeles para la proyección logística de *O. gracilis* para Canadá. Mínimo (línea azul = 60.25% del área) y percentil 10 (línea roja= 0.35% del área).