

**Informe final\* del Proyecto JM042**  
**Modelaje de la distribución potencial de 10 especies de anfibios y reptiles en riesgo de extinción con escasos registros de presencia**

**Responsable:** M en C. José Ismael Campos Rodríguez  
**Institución:** Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas  
Departamento de Zoología  
Laboratorio de Cordados Terrestres  
**Dirección:** Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Casco de Santo Tomás, México, DF, 11340, México  
**Teléfono/Fax:** 57296000 ext. 62421  
**Fecha de inicio:** Mayo 31, 2012.  
**Fecha de término:** Marzo 4, 2015.  
**Principales resultados:** Base de datos, informe final, cartografía.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Campos Rodríguez, J.I. 2015. Modelaje de la distribución potencial de 10 especies de anfibios y reptiles en riesgo de extinción con escasos registros de presencia. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JM042.** México D.F.

**Resumen:**

Se desarrollarán 10 modelos de distribución potencial correspondientes a cinco especies de anfibios (*Plectrohyla charadricola*, *Chiropterotriton magnipes*, *C. multidentatus*, *C. priscus* y *Lithobates johni*) y cinco especies de reptiles (*Anolis naufragus*, *Crotalus transversus*, *Lepidophyma gaigeae*, *L. micropholis* y *L. occulor*). Todas las especies consideradas se encuentran incluidas dentro de categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la mayoría son especies microendémicas (área de distribución menor a 5000 km<sup>2</sup>). Estas especies tienen la cualidad de presentar entre 4 y 32 localidades de presencia debido a que son de hábitos crípticos, raras o distribuidas en regiones poco exploradas. Los modelos de distribución potencial serán construidos empleando MAXENT 3.3.2, el cual es un algoritmo que emplea el principio de Máxima Entropía para expresa la probabilidad de distribución de una especie como una función de las variables ambientales y que ha sido descrito como el de mejor desempeño y poder predictivo cuando se trabaja con muestras pequeñas. Se empleará una técnica de construcción y evaluación de modelos de distribución potencial novedosa, desarrollada por Pearson et al. (2007), basada en una partición tipo Jackknife diseñada específicamente para obtener la distribución de modelos de distribución potencial en situaciones donde el número de localidades de presencia es bajo (<25 localidades), el cual ha generado resultados aceptables cuando ha sido aplicado a especies microendémicas o en riesgo de extinción. Considerando la información actual sobre la distribución de las especies incluidas dentro del presente proyecto, su estatus de conservación, la escasez de registros de presencia de las misma y la disponibilidad de algoritmos que pueden ser empleados en la generación de modelos de distribución potencial de especies raras y en peligro de extinción, se considera viable, útil y necesario obtener un modelaje de las especies consideradas en el presente proyecto que incluya todas las localidades (históricas y actuales) con un algoritmo, métodos de partición y evaluación adecuados a la naturaleza de los datos disponibles. Los modelos generados constituirá una valiosa herramienta que permitirá: evaluar el riesgo de extinción actual de la especie y la generación de estrategias de conservación adecuadas del hábitat.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



**INFORME FINAL**  
**PROYECTO JM042 “MODELAJE DE LA**  
**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE**  
**ANFIBIOS Y REPTILES CON ESCASOS**  
**REGISTROS DE PRESENCIA”**

**CONVENIO ESPECÍFICO FB1561/JM042/12**  
**PREPARADO PARA: COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO Y**  
**CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO)**  
**AGOSTO DE 2013**

**Responsable técnico: M. en C. José Ismael Campos Rodríguez**

**Participantes: Biól. Xhail Flores Leyva**  
**Biól. Anabel Crispin Flores**  
**Biól. Florence Lizeth López Galicia**  
**Biól. María del Carmen Díaz Flores**

**Laboratorio de Cordados Terrestres, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Carpio y Plan de Ayala s/n. Casco de Santo Tomás, C.P.11340, México D. F.**

## ÍNDICE GENERAL

1	RESUMEN EJECUTIVO .....	13
2	INTRODUCCIÓN.....	14
3	OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES.....	14
4	Calidad de la información .....	15
4.A	<i>Chiropterotriton multidentatus</i> .....	17
4.A.1	Registros de presencia de <i>C. multidentatus</i> .....	18
4.B	<i>Plectrohyla charadricola</i> .....	19
4.B.1	Registros de presencia de <i>P. charadricola</i> .....	19
4.C	<i>Lithobates johni</i> .....	21
4.C.1	Registros de presencia de <i>L. johni</i> .....	22
4.D	<i>Anolis naufragus</i> .....	23
4.D.1	Registros de presencia de <i>A. naufragus</i> .....	23
4.E	<i>Lepidophyma gaigeae</i> .....	25
4.E.1	Registros de presencia de <i>L. gaigeae</i> .....	26
4.F	<i>Lepidophyma occulor</i> .....	28
4.F.1	Registros de presencia de <i>L. occulor</i> .....	28
4.G	<i>Lepidophyma micropholis</i> .....	30
4.G.1	Registros de presencia de <i>L. micropholis</i> .....	30
4.H	<i>Lepidophyma sylvaticum</i> .....	31
4.H.1	Registros de presencia de <i>L. sylvaticum</i> .....	32
4.I	<i>Micrurus laticollaris</i> .....	34
4.I.1	Registros de presencia de <i>M. laticollaris</i> .....	34
4.J	<i>Crotalus transversus</i> .....	36
4.J.1	Registros de presencia de <i>C. transversus</i> .....	36
5	Criterios de selección de la región de referencia.....	38
5.A	<i>Chiropterotriton multidentatus</i> .....	38
5.B	<i>Plectrohyla charadricola</i> .....	40
5.C	<i>Lithobates johni</i> .....	41
5.D	<i>Anolis naufragus</i> .....	43
5.E	<i>Lepidophyma gaigeae</i> .....	44
5.F	<i>Lepidophyma occulor</i> .....	46
5.G	<i>Lepidophyma micropholis</i> .....	47
5.H	<i>Lepidophyma sylvaticum</i> .....	49
5.I	<i>Micrurus laticollaris</i> .....	51
5.J	<i>Crotalus transversus</i> .....	52

6	Descripción de las variables empleadas en la modelación .....	55
6.A	Selección de las variables ambientales empleadas en la construcción del modelo.....	56
6.A.1	Chiropterotriton multidentatus .....	56
6.A.2	Plectrohyla charadricola .....	60
6.A.3	Lithobates johni.....	64
6.A.4	Anolis naufragus .....	67
6.A.5	Lepidophyma gaigeae .....	71
6.A.6	Lepidophyma micropholis .....	75
6.A.1	Lepidophyma occulor.....	80
6.A.2	Lepidophyma sylvaticum .....	83
6.A.3	Micrurus laticollaris .....	87
6.A.4	Crotalus transversus.....	91
7	Método de modelación .....	95
8	Parámetros utilizados en la modelación .....	96
8.A	Técnica de construcción del modelo .....	96
8.A.1	Especies con menos de 25 localidades de presencia.....	96
8.A.2	Especies con más 25 localidades de presencia.....	97
9	Evaluación de los modelos.....	107
9.A.1	Especies con menos de 25 localidades de presencia.....	107
9.A.2	Especies con más de 25 localidades de presencia.....	108
9.B	<i>Umbral de decisión</i> .....	108
9.C	<i>Depuración final de los modelos</i> .....	109
9.C.1	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para Chiropterotriton multidentatus .....	110
9.C.2	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para Plectrohyla charadricola .....	113
9.C.3	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP de Lithobates johni .....	116
9.C.1	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para Anolis naufragus.....	119
9.C.2	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para L. gaigeae .....	122
9.C.1	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP de Lepidophyma micropholis .....	125
9.C.2	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para Lepidophyma occulor .....	127
9.C.3	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para L. sylvaticum .....	130

9.C.4	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para <i>Micrurus laticollaris</i> .....	133
9.C.5	Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para <i>Crotalus transversus</i> .....	136
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	139
11	LITERATURA CITADA .....	142

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>C multidentatus</i> .	18
Cuadro 2. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>C. multidentatus</i> . El datum de las coordenadas fue el WGS84.	19
Cuadro 3. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>P. charadricola</i> .	20
Cuadro 4. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>P. charadricola</i> . El datum de las coordenadas fue el WGS84.	21
Cuadro 5. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>L. johni</i> no incluidas en el SNIB. El datum de las coordenadas fue el WGS84.	23
Cuadro 6. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>A. naufragus</i> .	24
Cuadro 7. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>A. naufragus</i> . El datum de las coordenadas fue el WGS84.	25
Cuadro 8. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>L. gaigeae</i> .	26
Cuadro 9. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>L. gaigeae</i> . El datum de las coordenadas fue el WGS84.	27
Cuadro 10. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>L. occulor</i> no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.	30
Cuadro 11. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>L. micropholis</i> no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.	31
Cuadro 12. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>L. sylvaticum</i> . El datum empleado fue el WGS84.	32
Cuadro 13. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>L. sylvaticum</i> . El datum empleado fue el WGS84.	33
Cuadro 14. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de <i>M. laticollaris</i> no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.	35
Cuadro 15. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial del presente proyecto, no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.	37
Cuadro 16. Variables climáticas empleadas para obtener los modelos de distribución potencial.	55
Cuadro 17. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	59
Cuadro 18. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	62
Cuadro 19. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	66
Cuadro 20. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	70
Cuadro 21. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	73
Cuadro 22. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	77
Cuadro 23. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	82
Cuadro 24. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.	85

Cuadro 25. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas..	89
Cuadro 26. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas..	93
Cuadro 27. Aspectos generales del método de construcción de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT.....	98
Cuadro 28. Aspectos generales del método de construcción de los modelos de distribución potencial obtenidos con GARP. ....	102
Cuadro 29. Evaluación de los modelos de distribución potencial de <i>C. multidentatus</i> mediante los estadísticos propuestos por Pearson <i>et al.</i> (2007). ....	113
Cuadro 30. Evaluación de los modelos de distribución potencial de <i>L. johni</i> mediante los estadísticos propuestos por Pearson <i>et al.</i> (2007). ....	118
Cuadro 31. Evaluación de los modelos de distribución potencial de <i>L. micropholis</i> mediante los estadísticos propuestos por Pearson <i>et al.</i> (2007). ....	127
Cuadro 32. Evaluación de los modelos de distribución potencial de <i>L. occulor</i> mediante los estadísticos propuestos por Pearson <i>et al.</i> (2007). ....	130
Cuadro 33. Evaluación de los modelos de distribución potencial de <i>C. transversus</i> mediante los estadísticos propuestos por Pearson <i>et al.</i> (2007). ....	137

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de <i>C. multidentatus</i> . En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie. ....	18
Figura 2. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de <i>P. charadricola</i> . En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.....	20
Figura 3. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de <i>L. johni</i> . En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. ....	22
Figura 4. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de <i>A. naufragus</i> . En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en naranja se muestran las localidades que fueron excluidas de la construcción del modelo, a efecto de evitar sobreajustes. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.....	24
Figura 5. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de <i>L. gaiageae</i> . En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en naranja se muestran las localidades que fueron excluidas de la construcción del modelo, a efecto de evitar sobreajustes. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.....	26
Figura 6. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de <i>L. occulor</i> . En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.....	29
Figura 7. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de <i>L.</i>	

*micropholis*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie..... 31

Figura 8. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *L. sylvaticum*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en naranja se muestran las localidades que fueron excluidas de la construcción del modelo, a efecto de evitar sobreajustes. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie..... 32

Figura 9. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *M. laticollaris*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas, en amarillo se resaltan localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie. .... 35

Figura 10. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *C. transversus*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie. .... 37

Figura 11. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *C. multidentatus*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México). .... 38

Figura 12. M seleccionada para *C. multidentatus*. Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas. .... 39

Figura 13. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *P. charadricola*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México). .... 40

Figura 14. M seleccionada para *P. charadricola*. Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas. .... 40

Figura 15. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. johni*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).. 41

Figura 16. M seleccionada para *L. johni*. .... 42

Figura 17. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *A. naufragus*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México). .... 43

Figura 18. M seleccionada para *A. naufragus*. .... 44

Figura 19. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. gaigeae*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).. 44

Figura 20. M seleccionada para *L. gaigeae*. .... 45

Figura 21. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. occulor*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).. 46

Figura 22. M seleccionada para *L. occulor*. .... 47

Figura 23. M seleccionada para *L. occulor*. .... 47

Figura 24. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. micropholis*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México). .... 48

Figura 25. M seleccionada para *L. micropholis*. Modificado de INEGI (2001). .... 49

Figura 26. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. sylvaticum*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia

(México).....	50
Figura 27. M seleccionada para <i>L. sylvaticum</i> . Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas.....	50
Figura 28. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de <i>M. laticollaris</i> . Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).....	51
Figura 29. M seleccionada para <i>M. laticollaris</i> . Modificado de INEGI (2001). Sierra de la Costa de Jalisco y Colima (S.C.J), Sierra de Jalisco (S.J), Volcanes de Colima (V.C), Depresión de Tepalcatepec (D.T), Cordillera Costera del Sur (C.C.S), Sierras Centrales de Oaxaca (S.C.O) y la Cuenca del Río Balsas (C.R.B). .....	52
Figura 30. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de <i>C. transversus</i> . Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (Mesoamérica).....	53
Figura 31. Modelo experimental de <i>C. transversus</i> construido con MAXENT utilizando a la provincia Lagos y Volcanes del Anáhuac como M. El modelo fue construido con ocho variables bioclimáticas, más la altitud, seleccionadas para construir el modelo definitivo. El círculo azul muestra la predicción del modelo en la Sierra de las Cruces.....	53
Figura 32. M seleccionada para <i>C. transversus</i> . Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas.....	54
Figura 33. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>C. multidentatus</i> . .....	57
Figura 34. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>C. multidentatus</i> . .....	57
Figura 35. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>C. multidentatus</i> . El primer componente principal explicó el 74.49% de la varianza observada.....	58
Figura 36. Áreas de presencia de <i>P. charadricola</i> empleando el conjunto de variables del modelo 4 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	59
Figura 37. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>P. charadricola</i> . .....	60
Figura 38. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>P. charadricola</i> . .....	61
Figura 39. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>P. charadricola</i> . El primer componente principal explicó el 54.77% de la varianza observada.....	61
Figura 40. Áreas de presencia de <i>P. charadricola</i> empleando el conjunto de variables del modelo 4 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	63
Figura 41. Áreas de presencia de <i>L. P. charadricola</i> empleando el conjunto de variables del modelo 5 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un	

sobreajuste a las localidades de presencia. ....	63
Figura 42. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>L. johni</i> . ....	64
Figura 43. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>L. johni</i> . ....	65
Figura 44. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>L. johni</i> . El primer componente principal explica el 60.24% de la varianza observada. ....	65
Figura 45. Áreas de presencia de <i>L. johni</i> empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	66
Figura 46. Áreas de presencia de <i>L. johni</i> empleando el conjunto de variables del modelo 5 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un sobreajuste a las localidades de presencia. ....	67
Figura 47. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>A. naufragus</i> . ....	68
Figura 48. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>A. naufragus</i> . ....	68
Figura 49. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>A. naufragus</i> . El primer componente principal explicó el 58.06% de la varianza observada. ....	69
Figura 50. Áreas de presencia de <i>A. naufragus</i> empleando el conjunto de variables del modelo 7 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un sobreajuste a las localidades de presencia. ....	71
Figura 52. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>L. gaigeae</i> . ...	72
Figura 53. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>L. gaigeae</i> . ....	72
Figura 54. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>L. gaigeae</i> . El primer componente principal explicó el 66.22% de la varianza observada. ....	72
Figura 55. Áreas de presencia de <i>L. gaigeae</i> empleando el conjunto de variables del modelo 4 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	74
Figura 56. Áreas de presencia de <i>L. gaigeae</i> empleando el conjunto de variables del modelo 3 donde se observa que el modelo comete errores notorios de omisión, al excluir varias localidades de Hidalgo y Querétaro. ....	75
Figura 57. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>L. micropholis</i> .	

.....	76
Figura 58. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>L. micropholis</i> .....	76
Figura 59. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>L. micropholis</i> . El primer componente principal explicó el 47.12% de la varianza observada.....	77
Figura 60. Áreas de presencia de <i>L. micropholis</i> empleando el conjunto de variables del modelo 21 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	79
Figura 61. Áreas de presencia de <i>L. micropholis</i> empleando el conjunto de variables del modelo 16 donde se observan marcadas discontinuidades dentro del área de distribución predicha.....	79
Figura 62. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>L. occulor</i> . ....	80
Figura 63. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>L. occulor</i> .....	81
Figura 64. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>L. occulor</i> . El primer componente principal explicó el 78.44% de la varianza observada. ....	81
Figura 65. Áreas de presencia de <i>L. occulor</i> empleando el conjunto de variables del modelo 3 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	82
Figura 66. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>L. sylvaticum</i> .83	83
Figura 67. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>L. sylvaticum</i> .....	84
Figura 68. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>L. sylvaticum</i> . El primer componente principal explicó el 60.31% de la varianza observada. ....	84
Figura 69. Áreas de presencia de <i>L. sylvaticum</i> empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	87
Figura 70. Áreas de presencia de <i>L. sylvaticum</i> empleando el conjunto de variables del modelo 12 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un sobreajuste a las localidades de presencia. ....	87
Figura 71. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de prueba del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>M. laticollaris</i> .....	88
Figura 72. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>M. laticollaris</i> .....	88
Figura 73. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>M. laticollaris</i> . El primer componente principal explicó el 49.4% de la varianza.	

.....	89
Figura 74. Áreas de presencia de <i>M. laticollaris</i> empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	90
Figura 75. Áreas de presencia de <i>M. laticollaris</i> empleando el conjunto de variables del modelo 3 donde se observa una tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	91
Figura 76. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para <i>C. transversus</i> . ....	92
Figura 77. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para <i>C. transversus</i> . ....	92
Figura 78. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de <i>C. transversus</i> . El primer componente principal explicó el 71.75% de la varianza observada.....	93
Figura 79. Áreas de presencia de <i>C. transversus</i> empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie. ....	94
Figura 80. Áreas de presencia de <i>C. transversus</i> empleando el conjunto de variables del modelo 2 donde se observa errores de omisión, al no predecir la localidad señalada con la flecha. ....	94
Figura 81. Áreas de presencia de <i>C. multidentatus</i> empleando como umbral al <i>Minimum training presencie</i> donde se observa una notoria tendencia a cometer errores de comisión.....	109
Figura 84. Modelo de distribución potencial para <i>C. multidentatus</i> obtenido mediante MAXENT. ....	111
Figura 85. Modelo de distribución potencial para <i>C. multidentatus</i> obtenido mediante GARP. ....	111
Figura 86. $G_0$ de <i>C. multidentatus</i> obtenida con MAXENT. ....	112
Figura 87. $G_0$ de <i>C. multidentatus</i> obtenida con GARP. ....	112
Figura 88. Modelo de distribución potencial para <i>P. charadricola</i> obtenido mediante MAXENT. ....	114
Figura 89. Modelo de distribución potencial para <i>P. charadricola</i> obtenido mediante GARP. ....	114
Figura 90. $G_0$ de <i>P. charadricola</i> obtenida con MAXENT. ....	115
Figura 91. $G_0$ de <i>P. charadricola</i> obtenida con GARP. ....	115
Figura 92. <i>AUC ratio</i> obtenido con ROC parcial para el modelo de <i>P. charadricola</i> obtenido con MAXENT. ....	116
Figura 93. Modelo de distribución potencial para <i>L. johni</i> obtenido mediante MAXENT. ....	116
Figura 94. Modelo de distribución potencial para <i>L. johni</i> obtenido mediante GARP. ....	117
Figura 95. $G_0$ de <i>L. johni</i> obtenida con MAXENT.....	117
Figura 96. $G_0$ de <i>L. johni</i> obtenida con GARP. ....	118
Figura 97. Modelo de distribución potencial para <i>A. naufragus</i> obtenido mediante MAXENT.....	119
Figura 98. Modelo de distribución potencial para <i>A. naufragus</i> obtenido mediante GARP. ....	120
Figura 99. $G_0$ de <i>A. naufragus</i> obtenida con MAXENT. ....	120
Figura 100. $G_0$ de <i>A. naufragus</i> obtenida con GARP.....	121
Figura 101. <i>AUC ratio</i> obtenido con ROC parcial para el modelo de <i>A. naufragus</i> obtenido con MAXENT... ..	121
Figura 102. Modelo de distribución potencial para <i>L. gaigeae</i> obtenido mediante MAXENT. ....	122
Figura 103. Modelo de distribución potencial para <i>L. gaigeae</i> obtenido mediante GARP. ....	123
Figura 104. $G_0$ de <i>L. gaigeae</i> obtenida con MAXENT. ....	123

Figura 105. $G_0$ de <i>L. gaigeae</i> obtenida con GARP. ....	124
Figura 106. <i>AUC ratio</i> obtenido con ROC parcial para el modelo de <i>L. gaigeae</i> obtenido con MAXENT. ....	124
Figura 107. Modelo de distribución potencial final obtenido para <i>L. micropholis</i> mediante MAXENT. ....	125
Figura 108. Modelo de distribución potencial final obtenido para <i>L. johni</i> mediante GARP.....	126
Figura 109. $G_0$ de <i>L. micropholis</i> obtenida con MAXENT. ....	126
Figura 110. $G_0$ de <i>L. micropholis</i> obtenida con GARP. ....	127
Figura 111. Modelo de distribución potencial final para <i>L. occulor</i> obtenido mediante MAXENT. ....	128
Figura 112. Modelo de distribución potencial para <i>L. occulor</i> obtenido mediante GARP. ....	129
Figura 113. $G_0$ de <i>L. occulor</i> obtenida con MAXENT. ....	129
Figura 114. $G_0$ de <i>L. occulor</i> obtenida con GARP. ....	130
Figura 115. Modelo de distribución potencial para <i>L. sylvaticum</i> obtenido mediante MAXENT. ....	131
Figura 116. Modelo de distribución potencial para <i>L. sylvaticum</i> obtenido mediante GARP. ....	131
Figura 117. $G_0$ de <i>L. sylvaticum</i> obtenida con MAXENT.....	132
Figura 118. $G_0$ de <i>L. sylvaticum</i> obtenida con GARP. ....	132
Figura 119. <i>AUC ratio</i> obtenido con ROC parcial para el modelo de <i>L. sylvaticum</i> obtenido con MAXENT. .	133
Figura 120. Modelo de distribución potencial final obtenido para <i>M. laticollaris</i> mediante MAXENT.....	134
Figura 121. Modelo de distribución potencial final obtenido para <i>M. laticollaris</i> mediante GARP. ....	134
Figura 122. $G_0$ seleccionada para <i>M. laticollaris</i> de acuerdo con el mejor modelo obtenido con MAXENT. ..	135
Figura 123. $G_0$ seleccionada para <i>M. laticollaris</i> de acuerdo con el mejor modelo obtenido con GARP. ....	135
Figura 124. <i>AUC ratio</i> obtenido con ROC parcial para el modelo de <i>M. laticollaris</i> obtenido con MAXENT. .	136
Figura 125. Modelo de distribución potencial para <i>C. transversus</i> obtenido mediante MAXENT. ....	137
Figura 126. Modelo de distribución potencial para <i>C. transversus</i> obtenido mediante GARP.....	138
Figura 127. $G_0$ de <i>C. transversus</i> obtenida con MAXENT. ....	138
Figura 128. $G_0$ de <i>C. transversus</i> obtenida con GARP. ....	139

## 1 RESUMEN EJECUTIVO

Se desarrollaron 10 modelos de distribución potencial correspondientes a tres especies de anfibios (*Chiropterotriton multidentatus*, *Plectrohyla charadricola*, y *Lithobates johni*) y siete especies de reptiles (*Anolis naufragus*, *Lepidophyma gaigeae*, *L. micropholis*, *L. occulor*, *L. sylvaticum* *Micrurus laticollaris* y *Crotalus transversus*). Todas las especies consideradas se encuentran incluidas dentro de categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la mayoría son especies microendémicas (área de distribución menor a 5000 km<sup>2</sup>).

Estas especies tuvieron la cualidad de presentar entre 6 a 50 localidades de presencia debido a que son de hábitos crípticos, raras o distribuidas en regiones poco exploradas. Los modelos de distribución potencial fueron construidos empleando dos algoritmos de presencia: 1) MAXENT 3.3.2, el cual es un algoritmo que emplea el principio de Máxima Entropía para expresa la probabilidad de distribución de una especie como una función de las variables ambientales y que ha sido descrito como el de mejor desempeño y poder predictivo cuando se trabaja con muestras pequeñas. 2) GARP; 1.1.6., el cual trata de encontrar las correlaciones entre las presencias de la especie con parámetros ambientales para crear un modelo de nicho ecológico, utilizando un conjunto de reglas de inferencia mediante un algoritmo genético.

Para cinco especies (*Chiropterotriton multidentatus*, *Plectrohyla charadricola*, *Lithobates johni*, *Lepidophyma micropholis*, *L. occulor* y *Crotalus transversus*) se empleó una técnica de construcción y evaluación de modelos de distribución potencial novedosa, desarrollada por *Pearson et al.* (2007), basada en una partición tipo Jackknife diseñada específicamente para obtener la distribución de modelos de distribución potencial en situaciones donde el número de localidades de presencia es bajo (<25 localidades), el cual ha generado resultados aceptables cuando ha sido aplicado a especies microendémicas o en riesgo de extinción. Para el resto de las especies se emplearon métodos convencionales.

Considerando la información actual sobre la distribución de las especies incluidas dentro del presente proyecto, su estatus de conservación y la escasez de registros de presencia de la misma, los modelos generados constituyen una valiosa herramienta que permitirá: evaluar el riesgo de extinción actual de la especie y la generación de estrategias de conservación adecuadas del hábitat.

## **2 INTRODUCCIÓN**

Los modelos de nicho ecológico de especies basados en un sistema de información geográfica son herramientas útiles en la toma de decisiones en conservación. Pearson (2007) proporciona un compendio teórico-práctico de los aspectos metodológicos del modelaje de nicho ecológico. Soberón y Peterson (2005) esclarecen varios aspectos teóricos, particularmente la definición del espacio geográfico y ecológico, señalando que en el modelaje del nicho ecológico se trabaja con el concepto de nicho Grinnelleano.

Raxworthy *et al.* (2005) y Pearson *et al.* (2007) señalan que el modelaje de nicho ecológico es una de las herramientas más promisorias en aquellas regiones donde existe una marcada escasez de datos biogeográficos o que no han sido inventariadas sistemáticamente. Una de las limitantes más fuertes al desarrollo de modelos de nicho ecológico es que para especies raras, microendémicas, poco conspicuas o en peligro de extinción a menudo se dispone únicamente de un pequeño número de localidades de presencia conocidas (menos de 25 localidades conocidas) debido a la escasez de colectas recientes o la falta de localidades precisas asociadas a los ejemplares de colecciones (Graham *et al.*, 2004; Soberón y Peterson, 2004).

Pearson *et al.* (2007) proporciona un novedoso método de partición de datos y validación del poder predictivo de modelos de nicho ecológico en aquellos casos en los cuales el número de localidades de presencia es bajo (menor de 25 registros). Este autor enfatiza el hecho de que en estas situaciones, el modelaje únicamente permite identificar aquellas regiones con condiciones ambientales similares a los sitios donde se ha registrado la especie.

La importancia de utilizar métodos de modelado del nicho ecológico con escasos registros de presencia radica en que es posible incrementar el número de especies susceptibles de ser estudiadas, por ejemplo, Stockwell y Peterson (2002) señalan que, en el caso de la avifauna mexicana, únicamente el 20% de las especies de aves tienen  $\geq 50$  registros de presencia, 39% tienen  $\geq 20$  localidades y 65% presentan  $\geq 10$  localidades. En el caso de la herpetofauna mexicana, la gran mayoría de las especies microendémicas o en Peligro de Extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2010 carecen de menos de 25 localidades.

## **3 OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES**

Los objetivos generales y particulares del proyecto se describen a continuación:

PROYECTO JM042 "MODELAJE DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN RIESGO

**General:**

❖ Obtener la distribución potencial de 10 especies de anfibios y reptiles microendémicos de México e incluidos dentro de categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 para contribuir en el diseño de estrategias de conservación de dichas especies.

**Particulares:**

❖ Generación de tres mapas digitales de distribución potencial de anfibios correspondientes a una especie En Peligro (*Lithobates johni*), una especie Amenazada (*Plectrohyla charadricola*) y una especie Sujeta a Protección Especial (*Chiropterotriton multidentatus*), según la NOM-059-SEMARNAT-2010 acompañados por su metadatos respectivos de conformidad con los Lineamientos para la entrega de cartografía digital de los mapas de distribución geográfica de especies 2011 y el Manual de Metadatos 2011.

❖ Generación de siete mapas de distribución potencial de reptiles correspondientes a: cuatro Especies Sujetas a Protección Especial (*Anolis naufragus*, *Lepidophyma gaigeae*, *L. occulor*, *L. sylvaticum* y *Micrurus laticollaris*), una Especie Amenazada (*L. micropholis*) y una En Peligro (*Crotalus transversus*), según la NOM-059-SEMARNAT-2010 acompañadas por su metadatos respectivos de conformidad con los Lineamientos para la entrega de cartografía digital de los mapas de distribución geográfica de especies 2011 y el Manual de Metadatos 2011.

❖ Elaboración de una base de datos en formato Darwin Core con los datos de presencia-ausencia de 10 especies de anfibios y reptiles microendémicos de México e incluidos dentro de categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

## **4 Calidad de la información**

Se utilizaron datos de presencia de las especies seleccionadas disponibles en la literatura especializada así como registros procedentes de bases de datos de colecciones herpetológicas de México y Estados Unidos obtenidos mediante la revisión de las bases de datos contenidos en HerpNET (<http://www.herpnet.org/>), en *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), así como las bases de datos de los proyectos: A014, A027, B099, B144, BC004, CC002, CE006, H103, H104, H250, H330, L283, L319, R045, DE006, H103, H104, H250, H330, L283, L319, R045, R232 y UAZ contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO.

También se solicitaron registros a los curadores de las siguientes colecciones: CAS (*California Academy of Sciences*), CMN (*Canadian Museum of Nature*), FLMNH (*Florida Museum of Natural History, University of Florida*), FMNH (*Field Museum of Natural History*), KU (*Kansas University, Museum of Natural History*), LSU (*Louisiana State University*), UCB (*University of California, Berkeley*), CIB-UAEH (Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo), AMNH (*American Museum of Natural History*), BYU (*Brigham Young University*), BMNH (*British Museum of Natural History, The Natural History Museum*), TCWC-TAMU (*Texas Cooperative Wildlife Collections, Texas A & M University*), UI (*University of Illinois*), USNM (*University of Texas, Arlington*), UTEP (*University of Texas, El Paso*) y ZSZMH (*Zoologisches für Naturkunde Der Humboldt Universität, Berlin*), ENCB-IPN (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional), MZFC (Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM) y CNAR (Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, Instituto de Biología, UNAM).

De las solicitudes realizadas, únicamente se recibió respuesta de cuatro colecciones (CNAR, MZFC, FMNH, USNM y AMNH), el resto de los curadores indicaron que las bases de datos de las colecciones a su cargo podían descargarse en HerpNET o no respondieron a la solicitud de información.

Se realizó la corroboración taxonómica de todos los ejemplares disponibles en las colecciones herpetológicas mexicanas (CNAR, ENCB, MZFC). En el caso de las colecciones del extranjero, se verificó que la persona que realizó la identificación taxonómica del(os) ejemplar(es) fuese un especialista, en caso contrario se solicitó el acceso a los ejemplares de forma virtual (fotografías enviadas por internet etc.) o mediante colaboración directa con los curadores de las colecciones herpetológicas correspondientes.

Se recopilaron también los registros disponibles en la literatura especializada, entre los que se incluyeron preferentemente las descripciones originales, revisiones monográficas efectuadas por especialistas. Los registros contenidos en otras publicaciones (como notas o inventarios) fueron rigurosamente evaluados a efecto de determinar su autenticidad.

Las localidades de presencia fueron georreferenciadas según el protocolo contenido en el Manual de Procedimientos de Georreferenciación de Localidades de Colecta de CONABIO (2008) utilizando como cartografía base a las cartas topográficas 1:50,000 digitalizadas de INEGI y el nomenclátor digitalizado del censo de población y vivienda de INEGI de 1995 empleando ArcView 3.2. De esta forma fue posible una mayor precisión en la ubicación de los sitios de colecta y la georreferenciación de un mayor número de localidades de colecta para cada especie.

Se descartaron localidades repetidas detectadas siguiendo el proceso de atomización de localidades descrito en el Manual de Procedimientos de Georreferenciación de Localidades de Colecciones Biológicas de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2008) así como aquellas localidades que no pudieron ser georreferenciadas debido a falta de información precisa en su descripción. Se evitó, en la medida de lo posible la aglomeración de los registros de presencia de ambas especies, a efecto de prevenir sesgos en la distribución potencial (Martínez-Meyer, 2005).

Se procuró recabar la mayor cantidad de registros posible. Es importante señalar que para cinco de las 10 especies incluidas en el presente informe se obtuvieron menos de 25 localidades de presencia distintas. En la obtención de los modelos de distribución potencial se incluyeron localidades inéditas, algunas de ellas obtenidas por el responsable del presente proyecto entre 2004 y 2012, las cuales se indican en el apartado de resultados para cada especie. Los registros de presencia de las especies incluidas en el presente informe fueron compilados en el formato Darwin Core (<http://wiki.tdwg.org/twiki/bin/view/DarwinCore/WebHome>).

Finalmente, se elaboraron histogramas de frecuencias de las 19 variables bioclimáticas para las localidades de presencia de cada especie (los cuales se incluyen en el Anexo correspondiente) junto con el perfil bioclimático correspondiente para cada especie basado en las localidades de presencia depuradas. El formato de entrega fue acorde con las disposiciones de CONABIO.

#### **4.A *Chiropterotriton multidentatus***

Es una salamandra endémica a la Sierra Madre Oriental, la cual se distribuye en la Reserva de la Biósfera El Cielo, al sur de Tamaulipas; el sur de San Luis Potosí, en la Sierra de Álvarez; y el este de Querétaro (Darda, 1994), en la Sierra Gorda. Varios autores (Martin, 1958; Rabb, 1958; Parra-Olea *et al.* 2004; Frost, 2013) han señalado su presencia en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Sin embargo, Darda (1994) proporciona evidencia sólida de que las poblaciones del El Chico son distintas desde un punto de vista genético, por lo que deben ser consideradas una especie distinta. Camarillo (1985) y Camarillo y Casas-Andreu (1998) proporcionan registros de *C. multidentatus* para Tlaxcala, la Sierra de Zacualtipán y Tianguistengo en Hidalgo, sin embargo, Parra-Olea *et al.* (1999) descarta la presencia de dicha especie en la región.

#### 4.A.1 Registros de presencia de *C. multidentatus*

En la base de Darwin Core se incluyen 117 registros con 18 localidades de presencia diferentes obtenidos de las bases de datos de *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos: A014, H104 y H250 contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO, el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias (MZFC) y la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) del Instituto de Biología de la UNAM (ver Cuadro 1, Cuadro 2 y Figura 1).

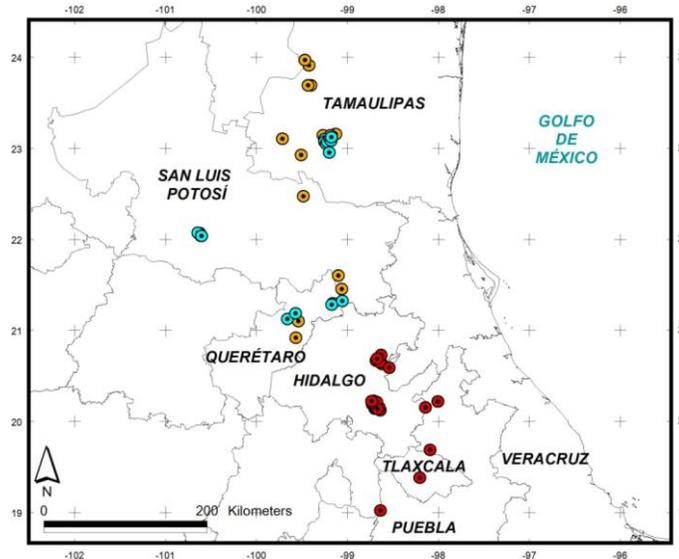


Figura 1. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *C. multidentatus*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Cuadro 1. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *C. multidentatus*.

FUENTE	REGISTROS	LOCALIDADES DE PRESENCIA
SNIB	70	27
GBIF	39	19
CNAR	3	2
MZFC	2	2
Darda (1994)	1	1

Se incluyeron también los registros disponibles en la literatura especializada disponibles en un estudio sobre evolución y variación aloenzimática del género *Chiropterotriton* (Darda, 1994). Se georreferenciaron seis localidades de presencia previamente referidas sin coordenadas geográficas en las fuentes originales consultadas

(SNIB, GBIF, MZFC, Darda, 1994) (como el caso de las localidades Cueva de la Iglesia Ahuacatlán y Rancho del Cielo).

Se identificaron y corrigieron algunas inconsistencias en la georreferenciación de los sitios de colecta contenidos en las bases consultadas (como 22 km W Ocampo y Rancho del Cielo, Gómez Farías *area*). Dichas correcciones se efectuaron ubicando las coordenadas originales de los sitios de colecta en cartas topográficas 1:50,000 de INEGI y corroborando la ubicación del sitio de colecta en relación con la descripción de la localidad.

**Cuadro 2. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *C. multidentatus*. El datum de las coordenadas fue el WGS84.**

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Pinal de Amoles, 3-4 mi SW	-99.656481	21.121499
Álvarez	-100.608600	22.033290
Agua Linda; 11.26 km WNW Gómez Farías	-99.247356	23.098371
Microwave Station rd., Méx. hwy. 70; 39 km E San Luis Potosí *	-100.641678	22.070308
El Lobo, 4 mi W	-99.158348	21.293189
Emilio Portes Gil (La Gloria)- Agua Linda, cam.	-99.249997	23.072276
El Madroño, aprox. 5 km N, en vereda a Pinalito de la Cruz *	-99.170746	21.278829
Sierra Madre Oriental, Rancho Viejo; 8.04 km W Gómez Farías	-99.233229	23.046469
Gómez Farías, 13 km W	-99.216667	23.066667
San José, 2 mi NW	-99.710983	23.101947
Rancho del Cielo	-99.192270	23.099910
Salamander Cave, Gómez Farías at Rancho del Cielo 3.5 mi NW by air, trail to Agua Linda *	-99.178301	23.082243
Cueva de la Iglesia, Ahuacatlán *	-99.054799	21.320058
Sótano del Pino No. 6, Pinal de Amoles 20 km NNE	-99.566910	21.181858
Gómez Farías, 8 mi NW	-99.172004	23.120365
Ocampo, 22 km NW *	-99.507130	22.922141
Adolfo López Mateos (Chamal Nuevo), 14.48 km NNW, ca. aserradera El Paraíso	-99.198112	22.952447

\*Localidades obtenidas de fuentes distintas al SNIB.

#### **4.B *Plectrohyla charadricola***

Se distribuye en la Sierra Madre Oriental, desde el noreste y este de Hidalgo al norte de Puebla (Santos-Barrera y Canseco-Márquez, 2004). Es una especie de tierras altas cuyo intervalo altitudinal oscila entre 2000 y 2300 msnm que ha sido registrada en bosque de Pino (Duellman, 1970; Frost, 2013).

##### **4.B.1 Registros de presencia de *P. charadricola***

En la base de Darwin Core se incluyen 107 registros con 34 localidades de presencia diferentes obtenidos de las bases de datos de HerpNet (<http://www.herpnet.org/>), *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos: A014, y L283 contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO y la Colección Herpetológica del Museo de Zoología Alfonso L.

Herrera de la Facultad de Ciencias, UNAM (ver

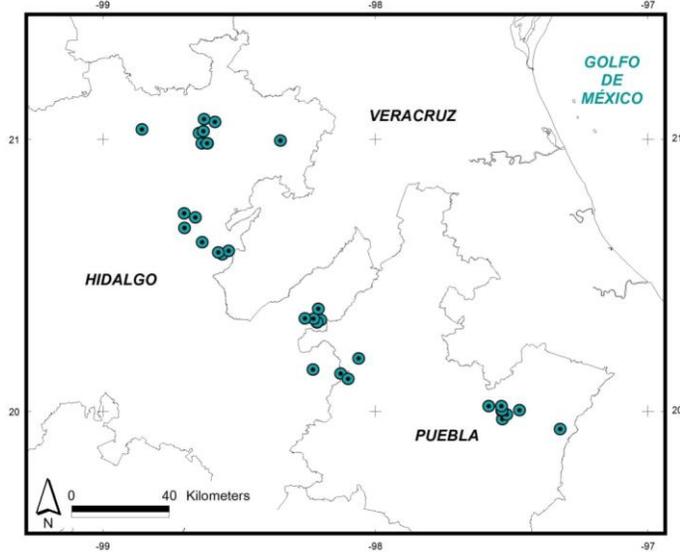


Figura 2. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *P. charadricola*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Cuadro 3, Cuadro 4 y Figura 2). Se incluyeron también los registros disponibles en la literatura especializada particularmente en trabajos herpetofaunísticos estatales (Ramírez-Bautista *et al.* 2010).

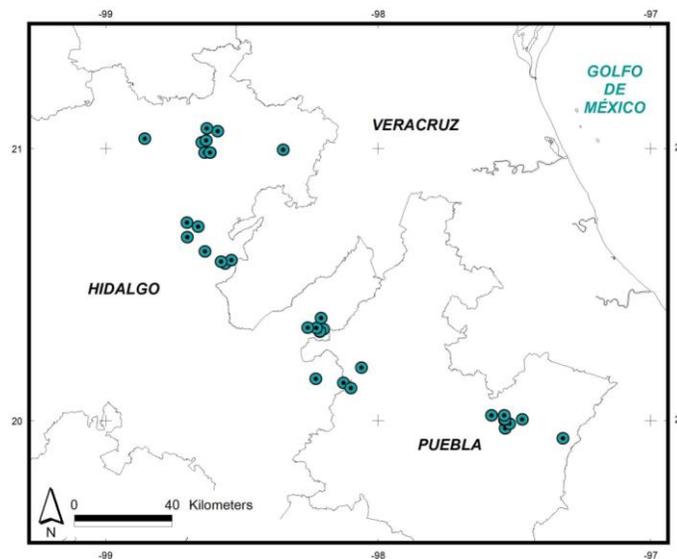


Figura 2. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *P. charadricola*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Cuadro 3. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *P. charadricola*.

FUENTE	REGISTROS	LOCALIDADES DE PRESENCIA
SNIB	23	19
GBIF	44	4
HerpNet	11	4
MZFC	27	14
Ramírez-Bautista, et al. (2010)	1	1

Fue posible georreferenciar 83 localidades de presencia previamente referidas sin coordenadas geográficas en las fuentes originales consultadas (SNIB, GBIF, HerpNet y MZFC) (como el caso de las localidades Río Totolapa, Campestre “Las Truchas”; 12.2 km N Huauchinango (*from turnoff for city*) on Mex. Hwy 132 (libre), near Campestre Truchas; Sierra Norte, Cuetzalan, Hotel Villas Cuetzalan y 14.4 km W Huauchinango). Dicha acción permitió incrementar el número de localidades de presencia de la especie.

También se identificaron y corrigieron numerosas inconsistencias en los datos de la descripción original de localidad y sitios de colecta originales (como Puerto La Cumbre, Nonoalco, 16 km (*by rd Mex 105*) S Molango, originalmente referida como Molango, 16 km S of on Highway 105; ó 3 km (por carr. Federal 105) NNE Tlanchinol, originalmente Km 170 carretera 105 a Huejutla). Dichas correcciones se efectuaron ubicando las coordenadas originales de los sitios de colecta en cartas topográficas 1:50,000 de INEGI y corroborando la ubicación del sitio de colecta en relación con la descripción de la localidad.

**Cuadro 4. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *P. charadriicola*. El datum de las coordenadas fue el WGS84.**

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
25 km (by rd. Mex 105) S Molango*	-98.70017	20.67192
Arroyo Tilapa, aproximadamente 3 Km al W de Carpinteros*	-98.56133	20.57495
Tlatosca, 5 km (por camino al río Panotlán) E del entronque con la carr. Federal 105	-98.635340	20.61934
3.6 mi (by Rd. Mex 130) W Acaxochitlán	-98.228640	20.15156
Carpinteros	-98.538370	20.58728
5 km E (por carr. a Carpinteros) del entronque entre la carretera a Carpinteros y la carr. Federal 105	-98.576030	20.5814
14.4 km (by rd. Mex 130) W Huauchinango*	-98.1271	20.13594
Venta Grande, 10 km (por carr. Federal 130) S Huauchinango	-98.100000	20.116667
4 km SW (por carretera al entronque con carretera 105) Tianguistengo*	-98.66028	20.71089
3 km (en línea recta) ESE Tenango de Doria	-98.200000	20.333333
Aprox. 1.5 km (por camino a San Nicolás) SE del Damo*	-98.21331	20.32407
El Domo, Aprox. 3 km SE Tenango de Doria*	-98.21313	20.32561
Tenango de Doria (cabecera municipal)*	-98.22588	20.3381
3 km (por carr. Federal 105) NNE Tlanchinol*	-98.6466	21.02087
5 km E Tlanchinol (por camino a Apantlazol), Arroyo de Apantlazol*	-98.61627	20.98254
0.53 km (en línea recta) WSW Totolapa*	-98.06116	20.19238
Puerto La Cumbre, Nonoalco, 16 km (por carr. Federal 105) S Molango	-98.701150	20.72553
Aprox. 3.0 km E Tlanchinol, por carretera a Apantlazol*	-98.63652	20.9826

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
1.57 km (en línea recta) SE Xocoyolo	-97.533611	19.968889
1.5 km (por camino al El Texme) NW del Zetoy*	-98.25837	20.33873
Xuthi Temapa, en carretera Tenango de Doria-San Bartolo Tutotepec*	-98.20883	20.37482
6.3 km (por carr. Federal 105) NE Tlanchinol*	-98.63016	21.02711
3.5 km (en línea recta) SSE Cd. Cuetzalan	-97.516944	19.986111
5 km E Tlanchinol (por camino a Apantlazol), Arroyo de Apantlazol	-98.616667	20.983333
0.47 km (en línea recta) SE Octimaxal Sur	-97.535556	20.000000
0.49 km (en línea recta) E Octimaxal Sur	-97.535000	20.001389
Zompaquisoyan (Colihui) *	-97.32109	19.93283
2 km (en línea recta) SSW Jonotla	-97.583333	20.016667
1.27 km S Xalpanat	-97.470278	20.002222
1.42 km (en línea recta) SSE Tzinacapan	-97.536389	20.016944
Aprox. 3 km (por el camino a Coacuilco) N de la desviación a Lontla, carr. federal 105*	-98.588457	21.061672
2.6 km (en línea recta) NO Tepehuacán de Guerrero*	-98.85609	21.0339
Lontla*	-98.6281	21.07194
Cerro Choteametl, 5.95 km (en línea recta) NE Yahualica*	-98.3484	20.99307

\* Localidades obtenidas de fuentes distintas al SNIB.

#### **4.C Lithobates johni**

La Rana de Moore (*Lithobates johni*) pertenece al grupo de *Lithobates tarahumarae* (Webb, 1988), es una especie endémica de la Sierra Madre Oriental cuya distribución abarca la región de la Huasteca Potosina e Hidalguense, en el sureste de San Luis Potosí; el este de Hidalgo (Webb, 1988); y la Sierra Norte de Puebla, en el noreste de Puebla (Campos-Rodríguez *et al.* 2012a, 2012b). Se distribuye en tierras bajas a moderadas (180-940 msnm).

##### **4.C.1 Registros de presencia de *L. johni***

En la base de Darwin Core se incluyen 79 registros y 11 localidades de presencia distintas obtenidos de las bases de datos de *HerpNet* (<http://www.herpNet.org/>), *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos: A014, CE006 y R232 contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO (ver Cuadro 5). Incluye registros disponibles en la literatura especializada particularmente en las descripciones originales, revisiones taxonómicas de complejos de especies, nuevos registros estatales y extensiones de distribución geográfica (Blair, 1947; Hillis *et al.* 1984; Webb, 1988; Reyes *et al.* 1996; CONABIO, 2009; Durán-Fuentes *et al.* 2006; Campos-Rodríguez *et al.* 2012a, 2012b).

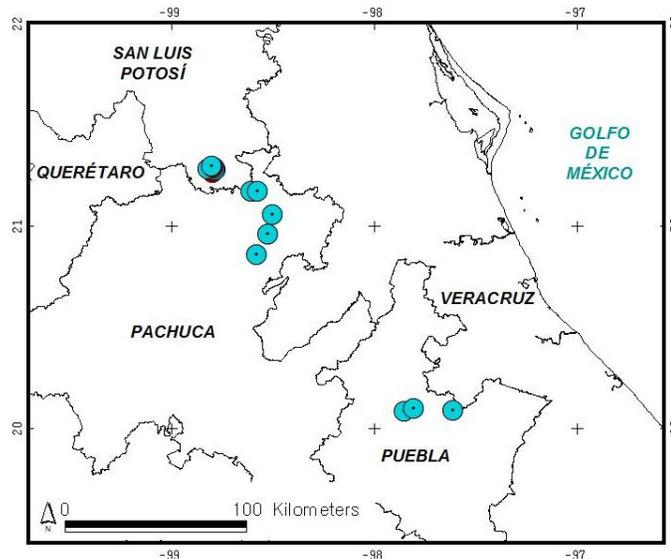


Figura 3. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *L. johni*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas.

Fueron georreferenciadas localidades previamente reportadas como carentes de coordenadas en las bases de datos consultadas (como Arroyo Sacahuite, Palictla, 6 road mi. N Tamazunchale, San Luis Potosí). Se identificaron y corrigieron inconsistencias en las coordenadas contenidas en algunas localidades de las bases recopiladas (por ejemplo Palictla, Patitla, 8 km al N de Tamazunchale y Río Tehuancate, bajo el puente Tehuancate, km 77 carretera Huehuetla-Zacapoaxtla).

Se utilizaron 13 localidades de presencia no incluidas previamente en el SNIB (Cuadro 5 y Figura 3). De ellas destacan cuatro localidades (San Felipe Tepatlán, San Mateo Tlacotepec, San Pedro Huazalingo y Río Tehuacante) fueron obtenidas en los últimos 10 años y tres localidades fueron descubiertas durante trabajo de campo asociado al presente proyecto (Campos-Rodríguez *et al.* 2012a, 2012b) (ver la base de *Darwin Core* correspondiente).

Cuadro 5. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *L. johni* no incluidas en el SNIB. El datum de las coordenadas fue el WGS84.

LOCALIDAD DE PRESENCIA	LATITUD	LONGITUD
3/4 km. ENE de Tehuatlán, Hidalgo	21.055096	-98.501574
San Felipe Orizatlán	21.171110	-98.572435
6 millas NW Tamazunchale, San Luis Potosí	21.282260	-98.817030
6.4 millas al N de Tamazunchale, San Luis Potosí	21.294803	-98.798293
7 km N Tamazunchale	21.280062	-98.781520
Calnali, Río Pachula, Hidalgo	20.857199	-98.579416
Palictla, 6 road mi. N Tamazunchale, San Luis Potosí	21.291291	-98.794805

LOCALIDAD DE PRESENCIA	LATITUD	LONGITUD
Palitla, 5 mi. N Tamazunchale, San Luis Potosí	21.283500	-98.788831
Patitla, 8 km., al N., de Tamazunchale	21.290000	-98.790000
Río Ajajalpa 2.86 km al N (en línea recta) de San Mateo Tlacotepec, 780 msnm, Puebla	20.083471	-97.852200
Río Ajajalpa, 0.5 km N, 0.7 km O de San Felipe Tepatlán, 408 msnm, Puebla	20.096130	-97.804140
Río Huazalingo, en el poblado de San Pedro Huazalingo, 380 msnm, Hidalgo	20.958473	-98.525140
Río Tehuancate , bajo el puente Tehuancate, km 77 carretera Huehuetla-Zacapoaxtla	20.090489	-97.609293

#### **4.D *Anolis naufragus***

Es una lagartija endémica a la porción este de México, su distribución abarca desde el noreste y sureste de Hidalgo hasta el Norte de Puebla y centro de Veracruz, con poblaciones disyuntas en el extremo sur de Puebla, siendo una especie propia de bosque mesófilo de montaña (Campbell *et al.* 1989; Mendoza-Quijano, 2007), la cual se distribuye en altitudes que oscilan entre 415 y 2065 msnm. En el presente estudio se descartó la presencia de *A. naufragus* de Veracruz por no existir registros disponibles en bases de datos de las colecciones consultadas.

##### **4.D.1 Registros de presencia de *A. naufragus***

En la base de Darwin Core se incluyen 102 registros con 37 localidades de presencia diferentes obtenidos de las bases de datos de *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos: A014, H330 y L283 contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO, así como de la Colección Herpetológica del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias, UNAM (ver Cuadro 6, Cuadro 7 y Figura 4).

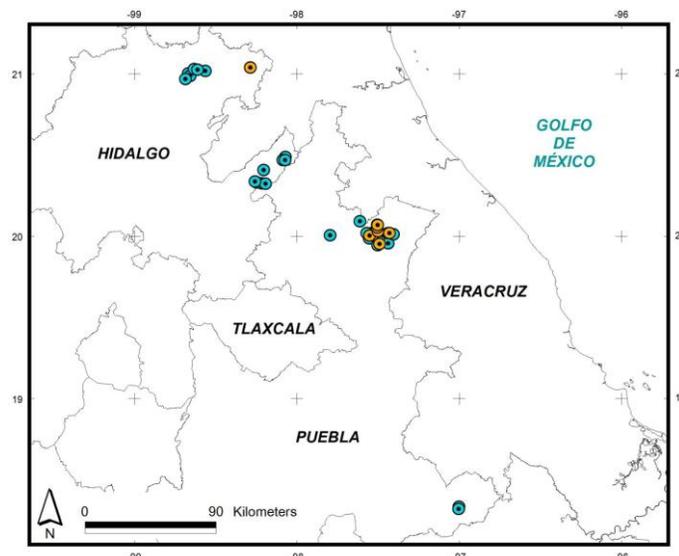


Figura 4. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *A. naufagus*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en naranja se muestran las localidades que fueron excluidas de la construcción del modelo, a efecto de evitar sobreajustes. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Cuadro 6. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *A. naufagus*.

FUENTE	REGISTROS	LOCALIDADES DE PRESENCIA
SNIB	34	15
GBIF	34	14
MZFC	30	17
Nieto-Montes de Oca (1994) y Ramírez-Bautista et al. (2010)	4	4

Se incluyeron también los registros disponibles en la literatura especializada particularmente en trabajos herpetofaunísticos estatales y revisiones taxonómicas (Nieto-Montes de Oca, 1994; Ramírez-Bautista *et al.* 2010).

Se georreferenciaron 12 localidades de presencia previamente referidas sin coordenadas geográficas en las fuentes originales consultadas (SNIB, GBIF, HerpNet y Nieto-Montes de Oca, 1994) (como el caso de las localidades 0.5 km al NE de Huehuetla y 3 km N de San Andrés Tzicuilán).

Se identificaron y corrigieron numerosas inconsistencias en los datos de la descripción original de localidad y sitios de colecta originales (como 1.5 (en línea recta) km NW Tlanchinol, originalmente referida 3 km SW Tlanchinol, desviación a Huejutla; y

1.92 km (en línea recta) SE Mazatepec originalmente descrita como Casa de Maquinas). Dichas correcciones se efectuaron ubicando las coordenadas originales de los sitios de colecta en cartas topográficas 1:50,000 de INEGI) y corroborando la ubicación del sitio de colecta en relación con la descripción de la localidad.

**Cuadro 7. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *A. naufragus*. El datum de las coordenadas fue el WGS84.**

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Axocobaca	-96.99915	18.33318
El Domo, 2 km (en línea recta) SE Tenango de Doria*	-98.213333	20.324167
2.15 km (en línea recta) SW Tenango de Doria*	-98.2443	20.329383
El Cirio, San Nicolás*	-98.19065	20.32165
2.38 km (en línea recta) SE Zoquitlán	-97.00166667	18.32027778
Tepango de Rodríguez (cabecera municipal) *	-97.79279	20.00504
1.5 (en línea recta) km NW Tlanchinol*	-98.666417	21.000917
0.66 km (línea recta) SE El Texme*	-98.256667	20.335833
Basurero municipal de Tlanchinol*	-98.65634824	20.98519959
La Montaña, 12 km al N de Tlanchinol*	-98.56248685	21.01502726
5.1 km (por carr. Federal 105) SW Tlanchinol, 1469 m*	-98.68509	20.96671
1 km (línea recta NNW Xocoyolo	-97.55138889	19.98472222
43.6 km (por carr. Federal 105) SW Huejutla, 1372 m*	-98.6306	21.02752
Calatepec, 0.78 km (en línea recta) NW Chililistipan*	-97.500778	19.943389
0.54 km (en línea recta) N San Bartolo Tutotepec (Cab. Mpal.)*	-98.202778	20.405
10.1 km NE (por carr. federal 105) Tlanchinol, 1237 m*	-98.60868	21.02346
Cerro del Caballo*	-98.06835	20.48558
1.42 km (en línea recta) SSE Tzicuilán	-97.50138889	20.00277778
1.19 km (en línea recta) S Xalpanat	-97.46888889	20.00305556
1.42 km (en línea recta) SSE Tzinacapan	-97.53638889	20.01694444
1.68 km (en línea recta) SE Jonotla*	-97.56666667	20.01666667
Puente "La Soledad", Atotocoyan*	-97.436389	19.953861
1.37 km (en línea recta) SSE Octimaxal Norte	-97.50027778	20.0375
1.92 km (en línea recta) SE Mazatepec*	-97.402889	20.0105
Nectepetl (El Cerro), 2.16 km (en línea recta) ESE Taxipehuatl	-97.436	20.017
Barrio Aztlán, Huehuetla (Cab. Mpal.)*	-98.08333333	20.46666667
0.79 km (en línea recta) NNE Yohualichan	-97.50222222	20.06888889
0.5 km (en línea recta) NE Huehuetla*	-98.07001	20.46678
Río Tehuancate, bajo el puente Tehuancate, km 77 carretera Huehuetla-Zozocolco de Guerrero (Kalaxuxni) *	-97.610111	20.0895

\* Localidades obtenidas de fuentes distintas al SNIB.

#### **4.E *Lepidophyma gaigeae***

En una lagartija endémica a la porción este de México, su distribución abarca desde el norte de Querétaro hasta la parte adyacente del noroeste de Hidalgo, siendo una especie propia de bosque de pino-encino, matorral xerófilo y matorral espinoso (Bezy y Camarillo, 1992, 2002; González, 1995; Mendoza-Quijano, 2007), la cual se distribuye en altitudes que oscilan entre 1800 y 2200 msnm.

#### 4.E.1 Registros de presencia de *L. gaigeae*

En la base de Darwin Core se incluyen 431 registros con 52 localidades de presencia diferentes obtenidos de las bases de datos de *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos: A014, CE006 H250 y UAZ contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO, la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles Herpetológica (CNAR) del Instituto de Biología de la UNAM, la Colección Herpetológica del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias, UNAM y la *Collection of Herpetology of the American Museum of Natural History* (AMNH) (ver Cuadro 8, Cuadro 9 y Figura 5).

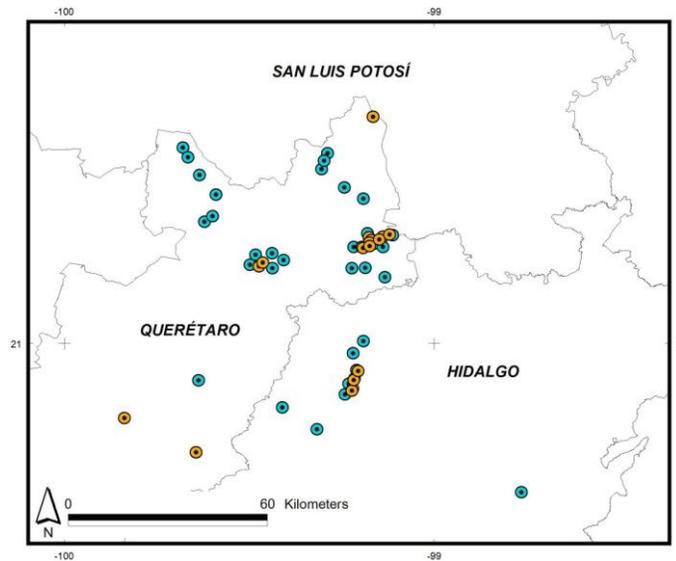


Figura 5. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *L. gaigeae*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en naranja se muestran las localidades que fueron excluidas de la construcción del modelo, a efecto de evitar sobreajustes. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Se incluyeron también los registros disponibles en la literatura especializada particularmente en extensiones de distribución y revisiones taxonómicas (González, 1995; Bezy y Camarillo, 2002; Ramírez-Bautista *et al.* 2010).

Cuadro 8. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *L. gaigeae*.

FUENTE	REGISTROS	LOCALIDADES DE PRESENCIA
SNIB	310	59
GBIF	69	15
HerpNet	1	1
AMNH	1	1

FUENTE	REGISTROS	LOCALIDADES DE PRESENCIA
CNAR	6	3
MZFC	1	1
Bezy y Camarillo (2002)	17	2
Ramírez-Bautista et al. (2010)	2	2
ND	24	6

Se georreferenciaron 71 localidades de presencia previamente referidas sin coordenadas geográficas en las fuentes originales consultadas (SNIB, GBIF, HerpNET, AMNH, CNAR, MZFC y Bezy y Camarillo, 2002) (como el caso de las localidades Barranca de los Marmoles a lo largo de la carretera 85 W de Jacala y 0.8 miles west of El Madroño on Mex 120).

Se identificaron y corrigieron numerosas inconsistencias en los datos de la descripción original de localidad y sitios de colecta originales (como 0.5 km (airline) S Durango, originalmente referida como Durango; y Aprox. 2.5 km (en línea recta) NE Entronque a Valle de Guadalupe en Carr. Fed. 120, El Madroño originalmente descrita como Aproximadamente 2.5 km NE El Madroño). Dichas correcciones se efectuaron ubicando las coordenadas originales de los sitios de colecta en cartas topográficas 1:50,000 de INEGI) y corroborando la ubicación del sitio de colecta en relación con la descripción de la localidad.

**Cuadro 9. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *L. gaigeae*. El datum de las coordenadas fue el WGS84.**

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
0.5 km (airline) S Durango	-99.230000	20.890000
21 mi (by rd. Mex 85) N Zimapán	-99.2408222	20.8614956
2 km (en línea recta) NNE Valle de Guadalupe	-99.190833	21.390556
10.2 mi (by rd) WSW San Joaquin	-99.6367221	20.8990351
2 mi (by rd. Mex. 85) N Durango, 13 mi (by rd. Mex. 85) S Jacala	-99.215237	20.903596
7 km (por carr.) SE Tres Lagunas	-99.179444	21.296667
3.5 mi (by rd. Mex. 120) W El Lobo	-99.163155	21.2683071
3 km (en línea recta) S El Madroño	-99.137429	21.2602447
4 mi N (by rd. Mex. 85) Durango, 11 mi (by rd. Mex. 85) S Jacala	-99.209447	20.926982
4.7 mi (by airline) NE Zimapán	-99.316667	20.766667
0.9 km (by rd. 120) E El Lobo	-99.111167	21.291667
Aprox. 1 km N por terracería de El Cañón hacia Valle Verde	-99.242500	21.421111
Meztitlán*	-98.763370	20.59668
10.8 mi SW (by Hwy 120) Ahuacatlán	-99.1738587	21.2627522
Verdosas	-99.409770	20.82556
8 km (by rd. Mex 85) S Jacala, La Placita	-99.2183354	20.9724753
5.2 mi (by rd.) S La Lagunita	-99.221664	21.2025094
Jacala	-99.190320	21.005560
5.7 mi (by Rd) E Tilaco, ca. 1 mi W Santa Ines	-99.132778	21.178056
4.9 mi (by rd. Mex. 120) W El Madroño	-99.216667	21.2601933

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Acatitlán de Zaragoza	-99.185556	21.203333
12 km E Santa María de los Cocos, por camino de terracería a Puerto de Ayutla	-99.6205025	21.3282103
1 km SO Joya del Maguey	-99.288	21.513672
2 km SE San Antonio Tancoyol	-99.303611	21.470556
La Camarona, 0.7 km (en línea recta) SSE Rancho El Noventa y Nueve	-99.296667	21.493333
2.6 mi (airline) NE Jalpan	-99.437392	21.243089
Aprox. 7.5 km W Puerto de Ayutla, sobre camino a Santa María de los Cocos	-99.598611	21.343611
6 mi (by rd) E Jalpan	-99.406900	21.2245806
1 mi (by rd. Mex. 111) S Arroyo Seco	-99.6790886	21.528859
16.4 mi (by rd. Mex. 120) W Landa de Matamoros	-99.497154	21.2119478
3.7 mi (by rd. Mex. 111) S Arroyo Seco	-99.665515	21.503072
3 mi (by rd) E Jalpan	-99.4371048	21.202707
3.2 km (by rd. Mex. 111) NE Jalpan*	-99.4822869	21.2389895
8.5 mi (by rd. Mex. 111) S Arroyo Seco	-99.633750	21.4546118
Aprox. 1 km (por carr. Fed. 111) al N del puente del río Conca	-99.589465	21.4014491

\* Localidades obtenidas de fuentes distintas al SNIB.

#### **4.F *Lepidophyma occulor***

La lagartija nocturna *Lepidophyma occulor* es una de las cuatro especies de *Lepidophyma* que se distribuyen en el este de México (Bezy y Camarillo, 2002), considerada endémica de la Sierra Madre Oriental. Se distribuye en tierras moderadas a intermedias (900 a 1400 m) en el valle de Jalpan y porciones adyacentes en San Luis Potosí, la cuenca del río Santa María en Guanajuato y la Barranca de Metztlán en Hidalgo (Bezy y Camarillo, 1984, 2002; Campos-Rodríguez *et al.* 2004, 2009; Camarillo, 1993; Altamirano-Álvarez *et al.* 1999; Dixon y Lemos-Espinal, 2010).

##### **4.F.1 Registros de presencia de *L. occulor***

En la base de *Darwin Core* se incluyen 26 registros y 16 localidades de presencia distintas obtenidos de los sitios HerpNet (<http://www.herokuapp.org/>), *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)) y los proyectos: A014 y H250 contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO. También se incluyen los registros disponibles en la literatura especializada particularmente en las descripciones originales, revisiones taxonómicas de complejos de especies, nuevos registros estatales y extensiones de distribución geográfica (ver Cuadro 10) (Bezy y Camarillo, 1984; Bezy y Camarillo, 2002; Camarillo, 1993; Campos-Rodríguez *et al.* 2004; Campos-Rodríguez *et al.* 2009; Dixon y Lemos-Espinal, 2010).

Se obtuvieron coordenadas de localidades previamente carentes de ellas en las fuentes originales de información (como el caso de Pago Pago y Hacienda El Capulín). Se identificaron y corrigieron inconsistencias en las coordenadas contenidas en algunas de

las bases de datos de ciertas localidades (por ejemplo 1.9 km NE Mazacintla on Mex Hwy 120).

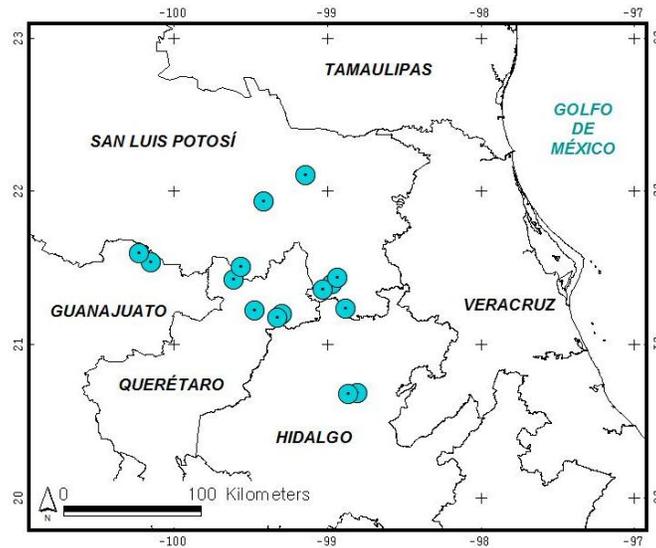


Figura 6. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *L. occulor*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

En la construcción de los modelos de *L. occulor* se utilizaron 12 localidades de presencia no incluidas previamente en el SNIB (Cuadro 10 y Figura 6). De estas localidades, cuatro fueron reportadas en los últimos 10 años (6.8 km S, 9.95 km E de Mineral El Realito, 952 m; Puente de Dios; El Cafetal; y El Aguacate: 1 km N, 0.05 km E Mineral El Realito, 140 m), dos fueron localidades inéditas obtenidas durante trabajo de campo del responsable del presente proyecto (Campos-Rodríguez *et al.* 2004; Campos-Rodríguez *et al.* 2009). Para mayores detalles sobre localidades y registros adicionales a la base de datos del SNIB se sugiere consultar la base de *Darwin Core* correspondiente.

**Cuadro 10. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *L. occulor* no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.**

LOCALIDAD DE PRESENCIA	LATITUD	LONGITUD
6.8 km S, 9.95 km E de Mineral El Realito, 952 m	21.53316	-100.14988
Aproximadamente 4 km al NE de la Escalera	21.435063	-98.933699
Aproximadamente 4 km al NE de Xilitla	21.39387	-98.96761
Cruz Verde, Metztitlan	20.672098	-98.863843
El Aguacate: 1 km N, 0.05 km E Mineral El Realito, 140 m	21.5937	-100.22679
Hacienda Capulin	21.50165	-99.56283
Jalpan	21.21722	-99.47283
Pago Pago	22.10079	-99.13893
Puente de Dios, El Cafetal	21.93051	-99.415606
Vega de Metztitlan "El Chilaco"	20.677778	-98.805833
Xilitla	21.396944	-98.9675
Xilitilla	21.3561	-99.02949

#### **4.G *Lepidophyma micropholis***

La lagartija *Lepidophyma micropholis* se distribuyen en el este de México siendo endémica a la Sierra Madre Oriental (Bezy y Camarillo, 2002). Su distribución se restringe a no más de cinco cuevas situadas en la Sierra del Abra, Sierra de las Cucharas y Sierra Tachimpa, en el sur de Tamaulipas y el este de San Luis Potosí (Bezy y Camarillo, 1984, 2002).

##### **4.G.1 Registros de presencia de *L. micropholis***

En la base de *Darwin Core* se incluyen 56 registros y únicamente seis localidades de presencia (ver Cuadro 11) distintas obtenidos de HerpNet (<http://www.herpNet.org/>), *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos A014, BC004, CC002, H104 y UAZ contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO (ver Cuadro 11 y

Figura 7). También se incluyen los registros disponibles en las descripciones originales y revisiones taxonómicas de complejos de especies (Walker, 1955; Bezy y Camarillo, 1984; Bezy y Camarillo, 2002).

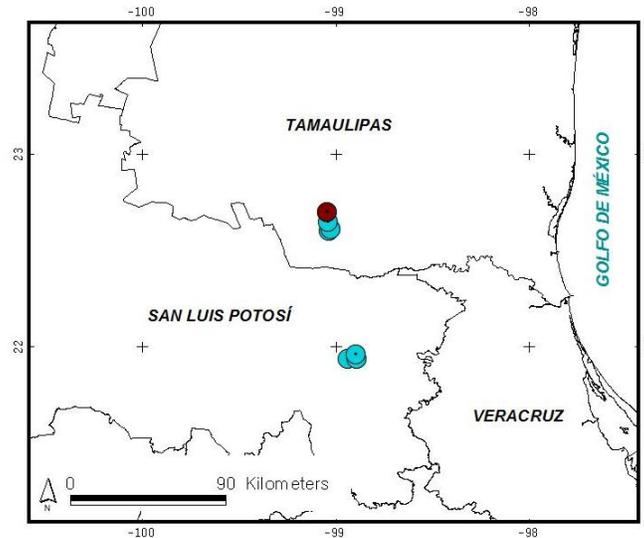


Figura 7. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *L. micropholis*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Se identificaron y corrigieron inconsistencias en las coordenadas contenidas en algunas de las bases de datos de algunas localidades como 6 km S, 6 km W Ciudad Mante (cuya fuente original fue el SNIB, proyecto CC002), la cual resultó ser errónea, dado que los ejemplares en realidad fueron colectados en la Cueva de Quintero, Tamaulipas (López-Vidal *com. pers.*), la cual es una localidad plenamente confirmada de la especie.

Cuadro 11. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *L. micropholis* no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.

LOCALIDAD DE PRESENCIA	LATITUD	LONGITUD
Rancho La Tinaja, 5.4 mi S (by hwy. 85), 1.2 mi E (off hwy. 85) Ciudad Valles	21.93409783400	-98.93846548100

Se utilizó una localidad de presencia no incluida previamente en el SNIB (ver Cuadro 11 y la base de *Darwin Core* correspondiente).

#### **4.H *Lepidophyma sylvaticum***

En una lagartija endémica de la Sierra Madre Oriental, se distribuye desde el centro-este de Nuevo León, el oeste de Tamaulipas, este de San Luis Potosí. Hidalgo, centro de Veracruz y norte de Puebla. Se distribuye en bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y bosque de pino (Bezy y Camarillo, 2002; Mendoza-Quijano, 2007), la cual se distribuye en altitudes que oscilan entre 1000 a 1800 msnm.

#### 4.H.1 Registros de presencia de *L. sylvaticum*

En la base de Darwin Core se incluyen 196 registros con 68 localidades de presencia diferentes obtenidos de las bases de datos de *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), distintas obtenidos de HerpNet (<http://www.herpnet.org/>), los proyectos: A014, A027, B099, H104, H250, L283, R045 y UAZ contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO, la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles Herpetológica (CNAR) del Instituto de Biología de la UNAM, la *Amphibians & Reptiles Collection* (FMNH) y la *Collection of Herpetology of the American Museum of Natural History* (AMNH) (ver Cuadro 12, Cuadro 13 y Figura 8).

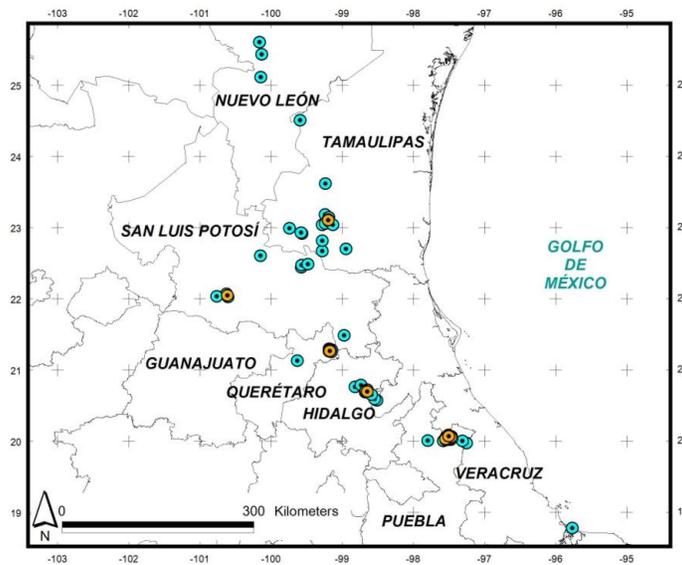


Figura 8. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *L. sylvaticum*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en naranja se muestran las localidades que fueron excluidas de la construcción del modelo, a efecto de evitar sobreajustes. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Cuadro 12. Fuentes de registros y localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *L. sylvaticum*. El datum empleado fue el WGS84.

FUENTE	REGISTROS	LOCALIDADES DE PRESENCIA
SNIB	92	46
GBIF	5	3
HerpNet	40	13
AMNH	1	1
FMNH	23	6

FUENTE	REGISTROS	LOCALIDADES DE PRESENCIA
CNAR	3	2
Bezy y Camarillo (2002)	23	12
Camarillo y Casas-Andreu (1998)	4	4
Dixon y Lemus-Espinal (2010)	3	3
Ramírez-Bautista et al. (2010)-	2	2

Se incluyeron también los registros disponibles en la literatura especializada particularmente en extensiones de distribución y revisiones taxonómicas (Camarillo y Casas-Andreu, 1998; Bezy y Camarillo, 2002; Ramírez-Bautista *et al.* 2010 y Dixon y Lemus-Espinal, 2010). Se georreferenciaron 63 localidades de presencia previamente referidas sin coordenadas geográficas en las fuentes originales consultadas (SNIB, GBIF, HerpNet, AMNH, FMNH, CNAR, Bezy y Camarillo, 2002, Dixon y Lemus-Espinal, 2010) (como el caso de las localidades 2.5 mi ESE La Joya y 4.5 km SW of Zapote) (ver Cuadro 13).

Se identificaron y corrigieron numerosas inconsistencias en los datos de la descripción original de localidad y sitios de colecta originales (como Valle de los Fantasma, originalmente Valle de los Fantasmas). Dichas correcciones se efectuaron ubicando las coordenadas originales de los sitios de colecta en cartas topográficas 1:50,000 de INEGI) y corroborando la ubicación del sitio de colecta en relación con la descripción de la localidad.

**Cuadro 13. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *L. sylvaticum*. El datum empleado fue el WGS84.**

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
La Selva*	-98.506707	20.568361
Tepeoco*	-98.67142	20.685289
Carpinteros*	-98.538367	20.587514
ND*	-98.814516	20.758187
Molango*	-98.733333	20.783333
Pinal de Amoles, 1 km S*	-99.625593	21.125668
Zacualtipán, 7 mi N	-98.645925	20.71864
Tlahuelompa; 8 km S Zacualtipán*	-98.584145	20.648361
Sierra de Álvarez, Kilómetro Cincuenta y Ocho*	-100.6014	22.02134
Valle de los Fantasmas*	-100.622	22.06579
Veinte de Abril (Joya de Salas), 7 km E*	-99.236929	23.179816
El Lobo, 3.8 mi W	-99.178896	21.292602
Tepango de Rodríguez (cabecera municipal) *	-97.79279	20.00504
Joya del Cedro*	-99.150278	21.251389
4.5 km SW of Zapote (Méx. 70) *	-100.75962	22.02999
Roca El Elefante, Gómez Farías, ca. 7 km W, airline*	-99.276234	23.033525
El Lobo, 2 mi SW	-99.146324	21.281308
Ciudad Victoria, 12.87 km S, 9.54 km W, 839 m.	-99.2325	23.614167
6.1 Km al O y 4 Km al S de El Lobo*	-99.178563	21.257094

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Tzinacapan, 5 km SW	-97.574452	19.997576
Sierra Madre Oriental, Ciudad Tula- Ocampo rd.; 12.7 mi E Ciudad Tula, 5100 ft*	-99.56	22.91
36 km by road WNW of Ocampo (rd. 66) *	-99.576586	22.92355
Las Adjuntas, 5 mi N*	-100.141437	25.108212
En camino Emilio Portes Gil (La Gloria)- Las Palmas; SW de Estación Canindo*	-99.231768	23.052077
Ciudad del Maíz, 3.8 mi NNE by hwy. 80*	-99.57	22.44
Tzinacapan, 2 km S	-97.540764	20.010701
Ciudad del Maíz, 5 mi NE	-99.566667	22.466667
El Naranjo, 27 km W by hwy. Méx. 80*	-99.477181	22.48391
Tzicuilan, 1 km NE, cam. a Tzanatco	-97.49908	20.016963
Sierra Grande, 17 km ESE, 2.5 km WSW of Tula (Méx. 101) *	-99.735355	22.985568
Hacia debajo de Xalpanat, cerca del río	-97.468056	20.016944
Tlapacoyan, 4 km W	-97.25	19.966667
Cueva de la cascada, Rancho Las Margaritas*	-97.30777	19.99838
Presa Rodrigo Gómez (la Boca)	-100.128889	25.428333
Yohualichan, 700 m SW	-97.507132	20.05886
Ayotzinapán	-97.535	20.0581
Sierra de Tamaulipas, Santa María*	-99.58701	24.50458
Las Hamacas	-97.450278	20.033333
San Roque	-100.158333	25.598889
Buenavista; 20 mi NE Cerritos*	-100.146389	22.600278
Reyeshogpan de Hidalgo	-97.50334	20.08171
El Encino	-99.27422	22.6666
Gómez Farías, 3 mi NW on Rancho del Cielo rd. *	-99.174797	23.07666
Sierra Tamalave, 12 km W of Adolfo Lopez Mateos (rd. 66) *	-99.27428	22.812257
Texochico; ENE Santiago Yancuictlalpan	-97.45805	20.06171
Cueva Ojo de Agua, Gómez Farías ENE*	-99.12588	23.03603
Gómez Farías- Veinte de Abril (La Joya de Salas) trail, below Agua Zarca*	-99.18272	23.137944
La Piedra, 3.2 km S, 16 km W, 252 m	-98.942275	22.696805
Huichihuayan*	-98.96838	21.48387
Alvarado*	-95.7608	18.771172

\* Localidades obtenidas de fuentes distintas al SNIB.

#### **4.1 *Micrurus laticollaris***

La coralillo *Micrurus laticollaris* es endémica a México. Se distribuye en la cuenca de los ríos Balsas, Tepalcatepec y Armería en los estados de Colima, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca (Campbell y Lamar, 2004). Se encuentra en tierras bajas, moderadas e intermedias, en altitudes de 300 a 1800 msnm.

##### **4.1.1 Registros de presencia de *M. laticollaris***

En la base de *Darwin Core* se incluyen 50 registros y 45 localidades de presencia distintas (ver Cuadro 14) distintas obtenidos de HerpNet (<http://www.herokuapp.org/>), *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos A014, CC002, CE006, H330 y L319 contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO (Figura 9). También se incluyen los registros disponibles en las descripciones originales y revisiones taxonómicas de complejos de especies (Davis y Smith, 1953; Dixon

y Webb, 1965; Duellman, 1958, 1961, 1965; Frost y Aird, 1978; Roze, 1967; Schmidt, 1933, 1936, 1958, Campbell y Lamar, 2004; Canseco y Gutiérrez, 2010; Flores-Leyva y Campos-Rodríguez, 2010).

Se identificaron y corrigieron inconsistencias en las coordenadas contenidas en algunas de las bases de datos de algunas localidades (Río Balsas, at Mex. Hwy 95; Salada, La, 2.3 mi NNE; Asmoles, Los, 1.4 mi SSW entre otras). Se utilizaron 27 localidades de presencia no incluidas previamente en el SNIB (ver Cuadro 14 y la base de *Darwin Core* correspondiente).

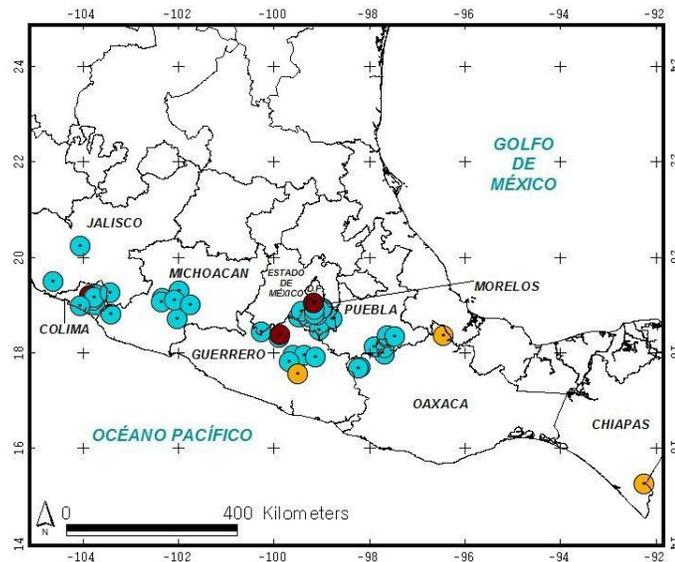


Figura 9. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *M. laticollaris*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas, en amarillo se resaltan localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Cuadro 14. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial de *M. laticollaris* no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
Alpuyeca	18.74427	-99.25838
Amatepec, 28 km S 7.5 km W, 570 m	18.429256	-100.25212
Apatzingán, 2.7 mi N	19.140497	-102.336965
Asunción Cuyotepeji, 2.7 mi NE	17.964492	-97.680056
Between Autlan de Navarro and Cihuatlan, hwy 80	19.489838	-104.623016
Colima, 16 mi SW	19.090477	-103.874226
Colima, 2 mi SSE	19.201141	-103.713277
Cuatla	18.81232	-98.95503
12 miles south of Cuatla	18.699696	-98.764311

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD
El Sabino near Uruapan	19.29202	-101.9715
Entre Santiago Tamazola y San Lorenzo Victoria	17.679851	-98.178626
Ixtlahuacán, Colima, México	18.99786	-103.73599
La Loma del Salado, Santiago Tamazola	17.67127	-98.22112
12.4 mi N Las Canas	18.700546	-102.013155
12.1 mi al sur del límite Oaxaca-Puebla en la carretera hacia Zapotitlán	18.104723	-97.683208
6 km N of Michapa pond, Coatlán del Río	18.739073	-99.467884
Milpillas, 32 km N of Chilpancingo	17.767364	-99.56181
Colonia Valerio Trujano, north side of Río Balsas, Guerrero, México, elevation 487 m	17.94069	-99.5895
Palpan, 2 km E, Municipality of Micatlán	18.866287	-99.413035
Petalcingo, 3 mi N, highway 190	18.12489	-97.895302
Pihuamo, 3 mi SW	19.240843	-103.420959
Río Balsas, Méx. hwy. 95	17.936821	-99.369299
San Juan Raya	18.31485	-97.615
Sierra de Quila, Tecolotlán, 1 km N, sobre el camino Tecolotlán-Quila	20.217184	-104.056596
Sierra Madre del Sur, 2.3 mi W of Xochipala	17.8038	-99.67053
Zapotitlán Salinas	18.32929	-97.47249

#### **4.J Crotalus transversus**

La distribución de la víbora de cascabel (*Crotalus transversus*) comprende una pequeña porción de la Faja Volcánica Transmexicana, en la Sierra del Ajusco-Chichinautzin y la Sierra de las Cruces (Campbell y Lamar, 2004), en el Suroeste del Distrito Federal, el Noroeste de Morelos y el centro del Estado de México. Se trata de una cascabel de alta montaña perteneciente al grupo de *C. intermedius* (Bryson *et al.* 2011) cuyo intervalo altitudinal oscila entre 2800 y 3600 msnm.

##### **4.J.1 Registros de presencia de *C. transversus***

En la base de Darwin Core construida para *C. transversus* se incluyen 37 registros con únicamente 11 localidades de presencia diferentes obtenidos de las bases de datos de HerpNet (<http://www.herokuapp.org/>), *Global Biodiversity Information Facilities* ([www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)), los proyectos: A014, B144, CE006, H103 y L319 contenidos en el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de CONABIO (ver Cuadro 15 y Figura 10).

Se incluyeron también los registros disponibles en la literatura especializada particularmente en las descripciones originales, revisiones taxonómicas de complejos de especies, nuevos registros estatales y extensiones de distribución geográfica (Amstrong y

Murphy, 1979; Camarillo y Campbell, 1993, 2002; Campbell, 1982,1988; Campbell y Lamar, 2004; Centenero-Alcalá *et al.* 2010; Davis y Smith, 1953; García-Vázquez *et al.* 2008; Heimes y Cortés, 2004; Klauber, 1952, 1971, 1972; Martín del Campo, 1940; Taylor, 1944).

Fue posible georreferenciar localidades previamente referidas sin coordenadas geográficas en las fuentes originales consultadas (como el caso de Volcán Chichinautzin, Mesa El Tabaquillo, Presa Iturbide y Cerro Las Navajas). También se identificaron y corrigieron inconsistencias en las coordenadas de ciertas localidades (como Lagunas de Zempoala, 4 km N Tres Cumbres y Near Tres Marías).

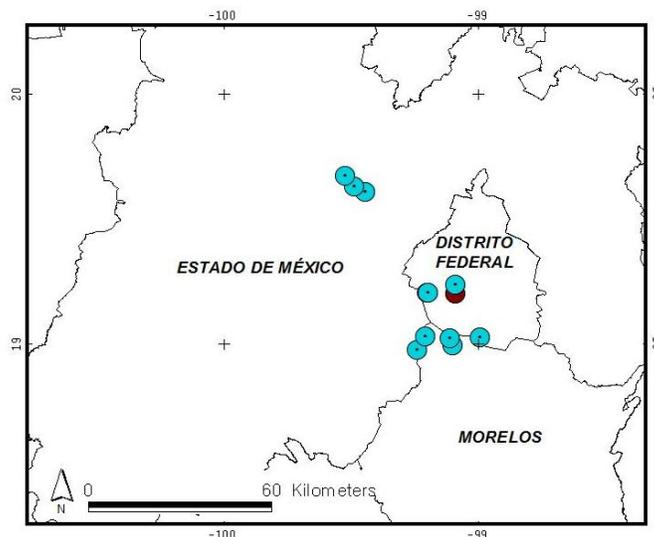


Figura 10. Localidades de presencia empleadas para la construcción del modelo de distribución potencial de *C. transversus*. En azul se indican las localidades de presencia confirmadas, en rojo se muestran las localidades dudosas. No se encontraron localidades notoriamente fuera del área de distribución de la especie.

Cuadro 15. Localidades de presencia empleadas en el modelaje de distribución potencial del presente proyecto, no incluidas en el SNIB. El datum empleado fue el WGS84.

LOCALIDAD DE PRESENCIA	LATITUD	LONGITUD
Caseta Forestal Vitorillas, Valle del tezontle a 9.05 km E de San Miguel Ajusco (línea recta) 3563 msnm, en la delegación Magdalena Contreras, Distrito Federal	19.220916	-99.289799
Der Fundort befindet sich auf dem Volcán Chichinautzin, etwas unterhalb des Kraterrandes in 3300 m Ünn	19.087550	-99.135400
Der Fundort befindet sich auf dem Volcán Chichinautzin, etwas unterhalb des Kraterrandes in 3300 m üNN. nur 20 Meter vom Fundort des ersten Tieres entfernt	19.087550	-99.135400
Jiquipilco, NE Cerro de las Navajas	19.539730	-99.502330
Mesa del Tabaquillo, camino Huitzilac	19.089240	-99.294830
México, Distrito Federal, Delegación Magdalena Contreras, Cerro Panza, Valle del Tezontle, 3430 m elev	19.220970	-99.285690

LOCALIDAD DE PRESENCIA	LATITUD	LONGITUD
México, Distrito Federal, Delegación Tlalpan, Volcán Xitle, San Andres Totoltepec, elev. 2870 m	19.246200	-99.207000
Near Los Tachos. 12 km. E Jiquipilco, at an elevation of about 3000 meters	19.572312	-99.530480
Near Presa Iturbide, Los Tachos, México, Mexico, elevation 3600 m	19.523160	-99.471790

En la construcción de los modelos de *C. transversus* se utilizaron ocho localidades de presencia no incluidas previamente en el SNIB (ver Cuadro 15). De estas localidades una de ellas (Caseta Forestal Viborillas) fue hallada en 2011 (Campos-Rodríguez *en prep.*), tres localidades fueron reportadas en los últimos 10 años (Volcán Chichinautzin, Cerro Panza y Volcán El Xitle) y cuatro localidades fueron reportadas en la década de 1990. Para mayores detalles sobre localidades y registros adicionales a la base de datos del SNIB se sugiere consultar la base de Darwin Core correspondiente.

## 5 Criterios de selección de la región de referencia

### 5.A *Chiropterotriton multidentatus*

Esta salamandra es endémica de México, Darda (1994) considera que *C. multidentatus* pertenece a un grupo norteño (*Northern Assemblage*) conformado por al menos siete especies de *Chiropterotriton* las cuales son endémicas a la Sierra Madre Oriental y partes limítrofes del Altiplano Mexicano.

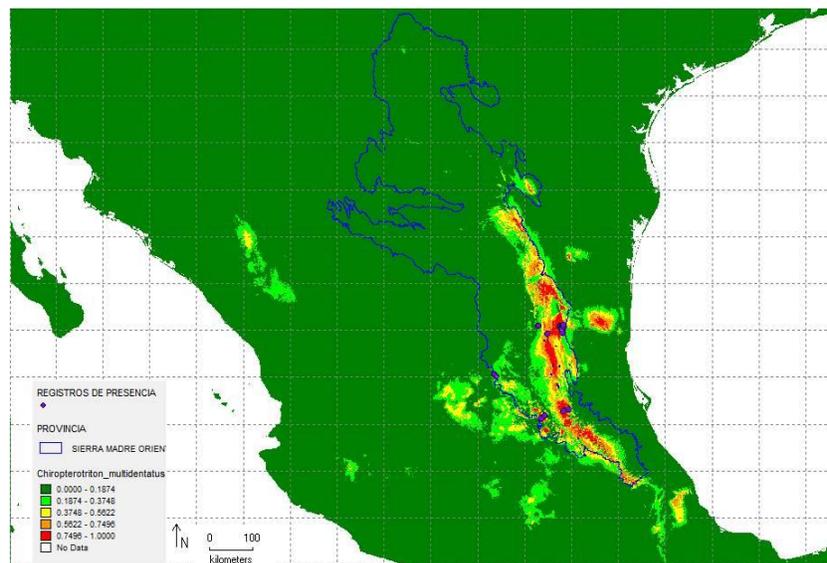


Figura 11. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *C. multidentatus*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

La distribución de *C. multidentatus* se caracteriza por la presencia de al menos cuatro poblaciones relictuales aisladas entre sí por amplias zonas secas (Martin, 1958; Wake, 1966). Darda (1994) ofrece evidencia de que las poblaciones de El Chico Hidalgo, previamente asignadas a *C. multidentatus*, deben ser asignadas a una especie diferente dado que existe una alta diferenciación genética respecto a las poblaciones de El Cielo, Tamaulipas, recomendación seguida en el modelaje de su distribución potencial del presente estudio, puesto que los modelos experimentales previos que incluían a las poblaciones de El Chico (situado dentro de la Faja Volcánica Transmexicana) tendían a sobrepredecir notoriamente la distribución geográfica de dicha especie, no reconociendo a las poblaciones aisladas conocidas para la especie (ver Figura 11).

Por tanto, la región de referencia empleada incluyó a las subprovincias Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Occidentales así como el Carso Huasteco pertenecientes a la Sierra Madre Oriental y (INEGI, 2001), descartando la presencia de la especie en la Faja Volcánica Transmexicana (Figura 12).



Figura 12. M seleccionada para *C. multidentatus*. Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas.

La localización geográfica de los registros de presencia de *C. multidentatus* en la M seleccionada es intermedia entre el “mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005) donde existen zonas del mundo inaccesibles pero adecuadas para la especie y zonas accesibles pero inadecuadas y el “mundo de Wallace”, dado que es una especie especialista a bromelias, con escasa capacidad de dispersión (Wake, 1987) restringida aparentemente a poblaciones aisladas y separadas notoriamente entre sí, ya que las poblaciones de San Luis Potosí y Querétaro se encuentran aproximadamente a 228 km de distancia entre sí.

### 5.B *Plectrohyla charadricola*.

De acuerdo con Canseco-Márquez *et al.* (2004), esta especie es endémica del sur de la Sierra Madre Oriental, siendo a la fecha la única hipótesis biogeográfica disponible sobre la especie. Sin embargo, varias de las localidades confirmadas para la especie (14.4 km W Huauchinango; 10 km S Huauchinango; Sompatisoya) se localizaron dentro de la Faja Volcánica Transmexicana (*sensu* INEGI, 2001).

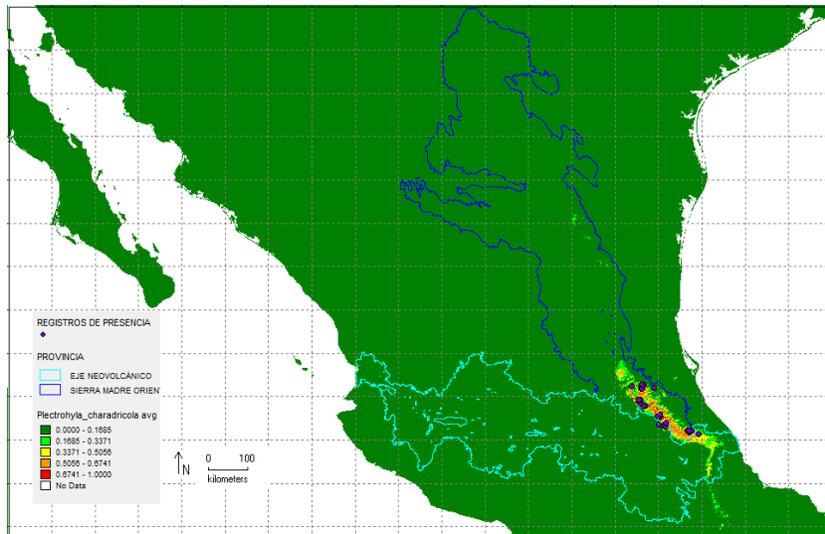


Figura 13. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *P. charadricola*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).



Figura 14. M seleccionada para *P. charadricola*. Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas.

Los modelos exploratorios sugirieron que el nicho fundamental de este ránido se localiza en su mayor parte dentro de la Sierra Madre Oriental, con una zona de alta probabilidad de presencia distribuida marginalmente dentro de la Faja Volcánica Transmexicana (Figura 13). Bajo esta consideración se decidió ampliar M a la Subprovincia fisiográficas Chiconquiaco y Lagos y Volcanes de Anáhuac (ver Figura 14), pertenecientes a la Faja Volcánica Transmexicana, además de la subprovincia Carso Huasteco, está última perteneciente a la Sierra Madre Oriental.

La distribución de los registros de presencia de *P. charadricola* en la M seleccionada aparentemente es un ejemplo de un “mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005) donde existen zonas del mundo inaccesibles pero adecuadas para la especie y zonas accesibles pero inadecuadas. Las poblaciones de Hidalgo y Puebla se encuentran separadas por 200 km, la capacidad de dispersión de la especie no parece ser un factor limitante.

### 5.C *Lithobates johni*.

La Sierra Madre Oriental fue considerada la M tentativa de la especie dado que se trata de una especie endémica a dicha provincia biótica. Los modelos exploratorios también sugirieron que el nicho fundamental de este ránido se localiza en su mayor parte dentro de la provincia biótica señalada (Figura 15).

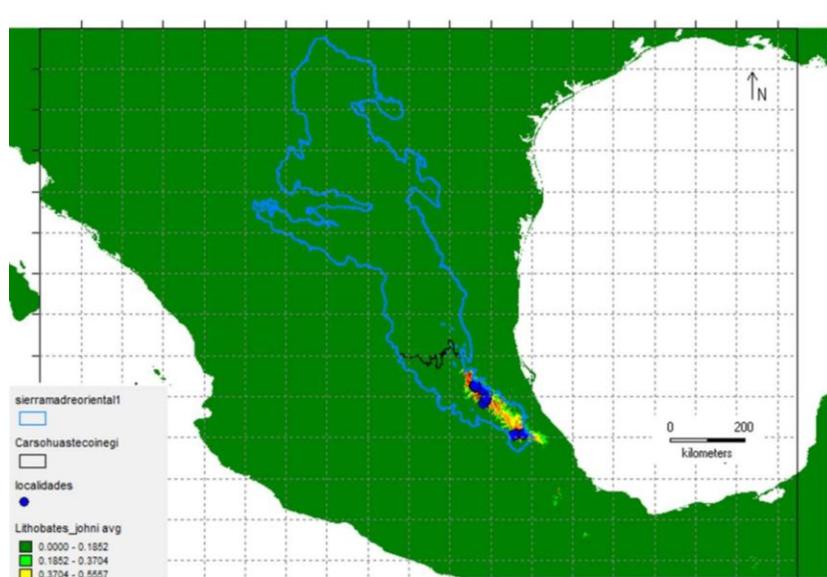


Figura 15. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. johni*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

Existen algunas hipótesis biogeográficas sobre su origen y distribución de las especies de anfibios y reptiles endémicos de la SMO. *Lithobates johni* forma parte de un grupo de especies endémicas de anfibios y reptiles presentes en el sur de la provincia

biótica Sierra Madre Oriental (Canseco-Márquez *et al.* 2004), específicamente dentro de la subprovincia fisiográfica Karso Huasteco (INEGI, 2001).

Otra propuesta biogeográfica que concierne a *L. johni* es la división en dos subprovincias y cuatro distritos biogeográficas (Espinoza *et al.* 2004), división apoyada por la distribución de conjuntos importantes de endemismos. El distrito Zacualtipán coincide con el área de distribución de las especies del grupo de *L. tarahumarae* endémicas a la Sierra Madre Oriental y se localiza dentro del Karso Huasteco.

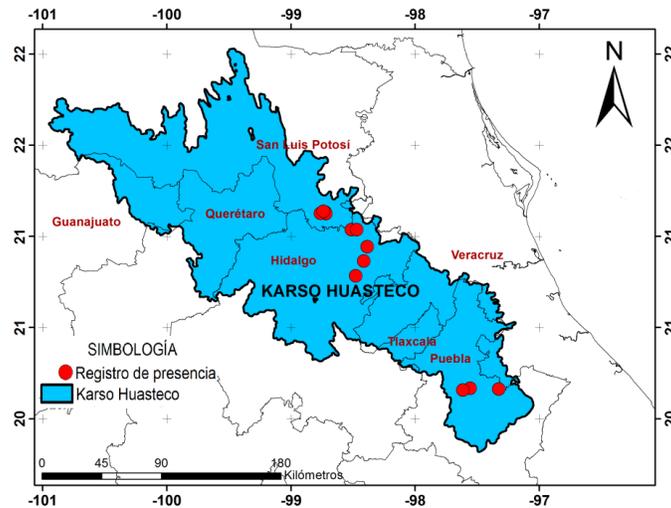


Figura 16. M seleccionada para *L. johni*.

Considerando los patrones biogeográficos de Canseco-Márquez *et al.* (2004) y Espinoza *et al.* 2004), los resultados de los modelos experimentales de nicho ecológico y dado que la totalidad de los registros de presencia de la especie se localizan dentro del Karso Huasteco (Blair, 1947; Hillis *et al.* 1984; Webb, 1988; Reyes *et al.* 1996; CONABIO, 2009; Durán-Fuentes *et al.* 2006; Campos-Rodríguez *et al.* 2012a, 2012b) se considera que una M razonable para *L. johni* es la subprovincia fisiográfica del Karso Huasteco (Figura 16).

La distribución de los registros de presencia de *L. johni* en la M seleccionada constituye un ejemplo de un “mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005) donde existen zonas del mundo inaccesibles pero adecuadas para la especie y zonas accesibles pero inadecuadas. Las poblaciones de la especie pertenecientes a la Huasteca Hidalguense se encuentran separadas de las de Sierra Norte de Puebla por una distancia de 120 km, la capacidad de dispersión de la especie no parece ser un factor limitante.

### 5.D *Anolis naufragus*

El corrimiento de modelos exploratorios sugirió que el nicho fundamental de esta lagartija se localiza principalmente dentro de las subprovincias Carso Huasteco (Sierra Madre Oriental), pero porciones marginales también se localizan dentro de las subprovincias Chiconquiaco y Lagos y Volcanes de Anáhuac (pertenecientes a la Faja Volcánica Transmexicana) y Sierras Orientales (dentro de la Sierra Madre del Sur (ver Figura 17). Se ha confirmado plenamente la presencia de la especie en localidades aparentemente disyuntas situadas en las subprovincias Carso Huasteco y Sierras Orientales, siendo posible que existan poblaciones aún no descubiertas de la especie en las subprovincias intermedias (Chiconquiaco y Lagos y Volcanes de Anáhuac).

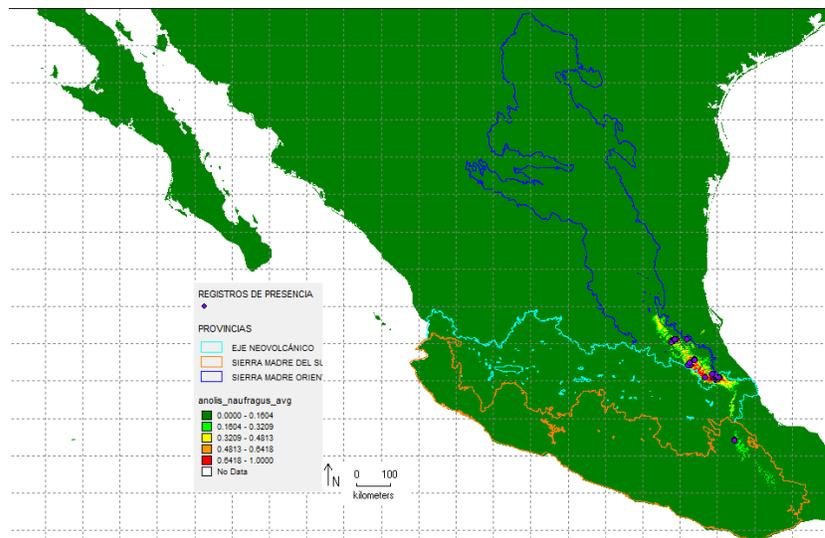


Figura 17. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *A. naufragus*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

A efecto de incluir todos los registros de presencia de la especie así como todas las subprovincias donde tentativamente se localiza el nicho fundamental de *A. naufragus*, se decidió que M estuviera conformada por las subprovincias fisiográficas del Carso Huasteco, Chiconquiaco, Lagos y Volcanes de Anáhuac y Sierras Orientales (ver Figura 18), dado que el área accesible para la especie se encuentra dentro de ellas según los registros disponibles y las aproximaciones del nicho fundamental de la especie obtenidas.

La distribución de los registros de presencia de *A. naufragus* en la M seleccionada constituye un ejemplo de un “mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005). Los registros de presencia de la especie abarcan una amplia zona geográfica dentro de la M seleccionada, puesto que la distancia entre las localidades situadas al extremo norte de la distribución de la especie y las situadas al extremo sur de su distribución fue de 348 km, aproximadamente.

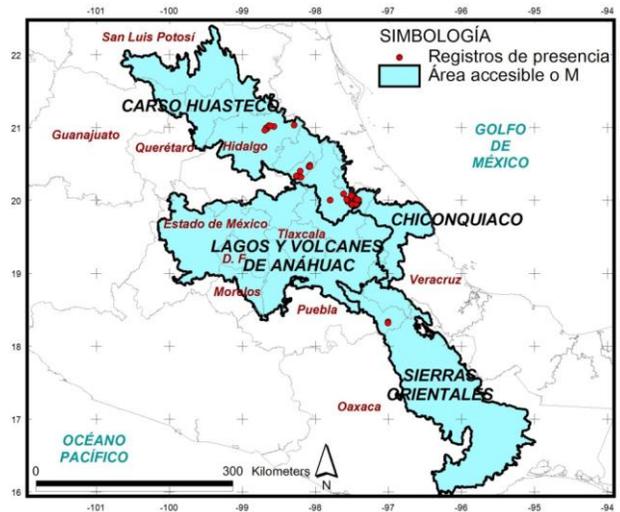


Figura 18. M seleccionada para *A. naufragus*.

### 5.E *Lepidophyma gaigeae*

Inicialmente se considero a la provincia biótica Sierra Madre Oriental como la tentativa de la especie dado que *L. gaigeae* es endémica a la provincia biótica Sierra Madre Oriental, particularmente a un centro de endemismo localizado al sur de dicha provincia biótica, dentro de la subprovincia fisiográfica Karso Huasteco (INEGI, 2001; Canseco-Márquez *et al.* 2004).

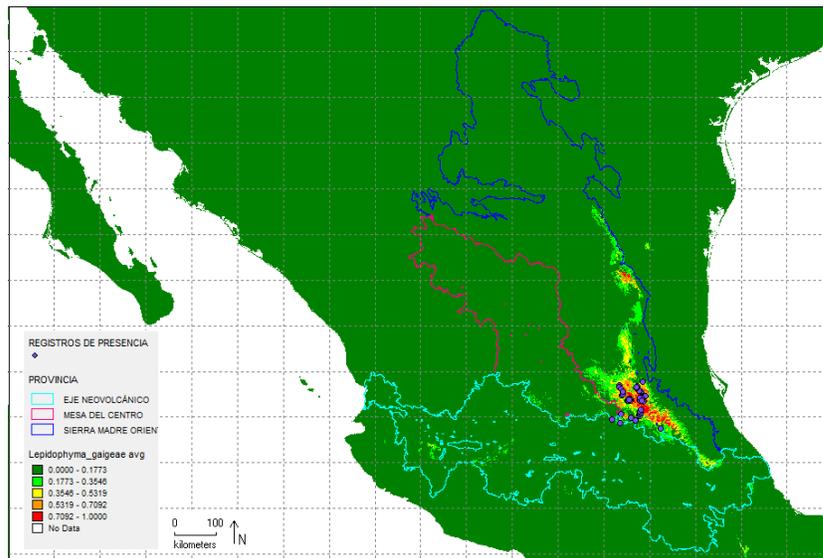


Figura 19. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. gaigeae*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

Sin embargo, el corrimiento de modelos exploratorios sugirió que el nicho fundamental de esta lagartija se localiza, además del Carso Huasteco, en la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro (ver Figura 19), lo cual es acorde con el hecho de que varios de los registros plenamente confirmados de la especie pertenecen a dicha subprovincia, como 5 km mi NE Zimapán; Cerro Prieto, al N de Rancho Nuevo; y Rancho Nuevo, Cañón del Infiernillo. Los modelos exploratorios sugieren que una porción marginal del nicho ecológico de la especie se localiza dentro de la subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, aún cuando no hay localidades confirmadas de la especie en ella.

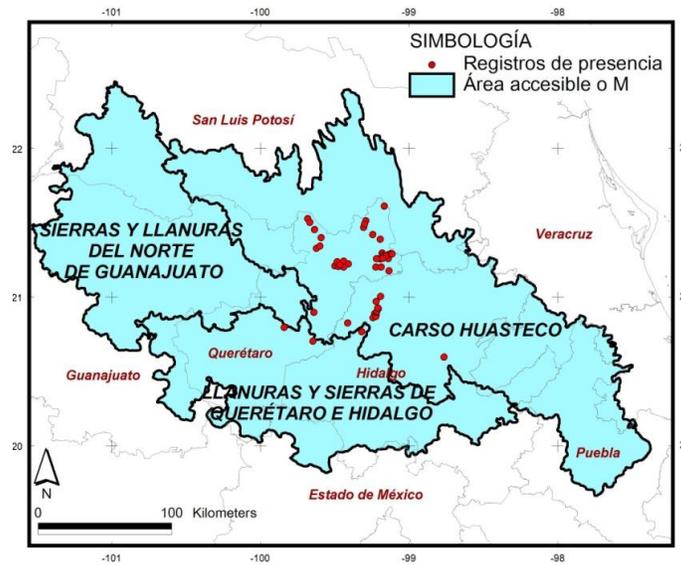


Figura 20. M seleccionada para *L. gaigeae*.

A efecto de incluir todos los registros de presencia de la especie en M, se decidió que estuviera conformada por la subprovincia fisiográfica del Carso Huasteco, Llanuras y Sierras de Querétaro y Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato (ver Figura 20), dado que el área accesible para la especie se encuentra dentro de ambas subprovincias según los registros disponibles y las aproximaciones del nicho fundamental de la especie obtenidas.

La distribución de los registros de presencia de *L. gaigeae* en la M seleccionada constituye un ejemplo de un “mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005). Se llegó a esta conclusión después de examinar el patrón de distribución de los registros de presencia, los cuales abarcan una amplia zona geográfica dentro de la M seleccionada, la distancia entre las localidades situadas al extremo norte de la distribución de la especie y las situadas al extremo sur de su distribución fue de 140 km, aproximadamente.

**5.F *Lepidophyma occulor*.**

Se considero a la provincia biótica Sierra Madre Oriental como la M tentativa de la especie dado que *L. occulor* es endémica a la provincia biótica Sierra Madre Oriental, particularmente a un centro de endemismo localizado al sur de dicha provincia biótica, dentro de la subprovincia fisiográfica Karso Huasteco (INEGI, 2001; Canseco-Márquez *et al.* 2004) donde *L. occulor* forma parte de un conjunto de 13 especies de anfibios y 14 especies de reptiles.

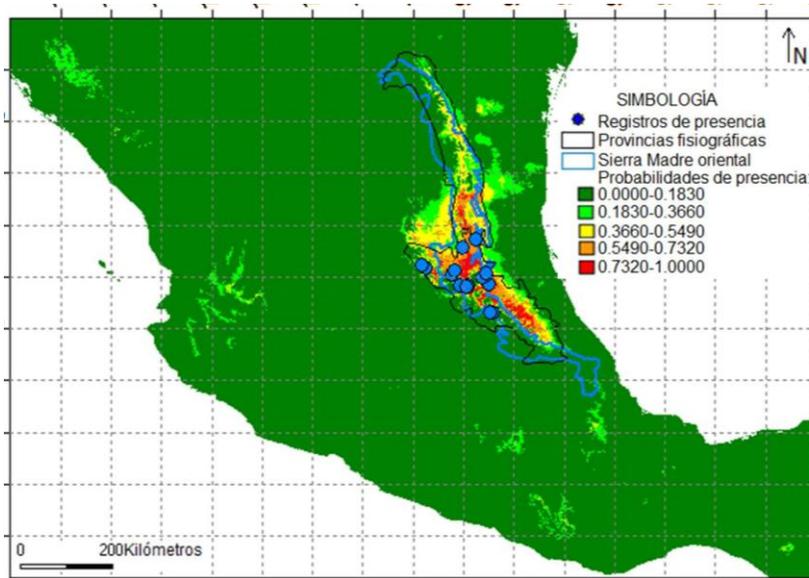


Figura 21. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. occulor*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

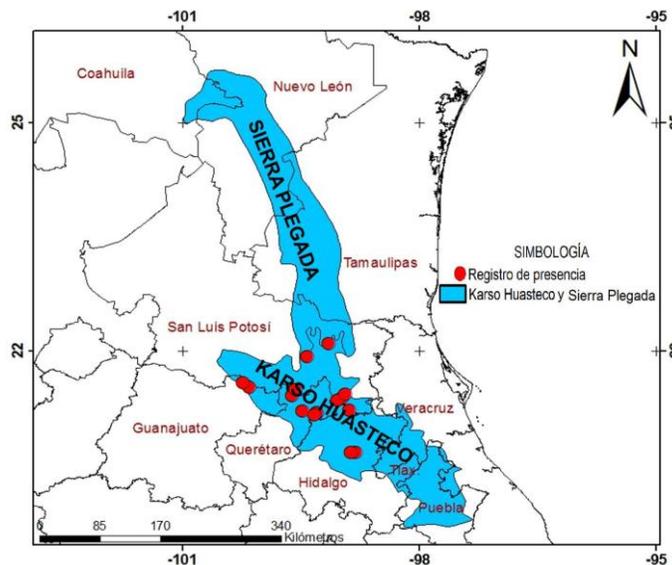


Figura 22. M seleccionada para *L. occulor*.

El corrimiento de modelos exploratorios sugirió que el nicho fundamental de esta lagartija se localiza, además del Karso Huasteco, también en las subprovincia Gran Sierra Plegada (ver Figura 21). Dos de los registros plenamente confirmados mediante revisión de los ejemplares pertenecen a dicha subprovincia: Puente de Dios, El Cafetal (MZFC, 24575) y Pago Pago (MZFC, 5444).

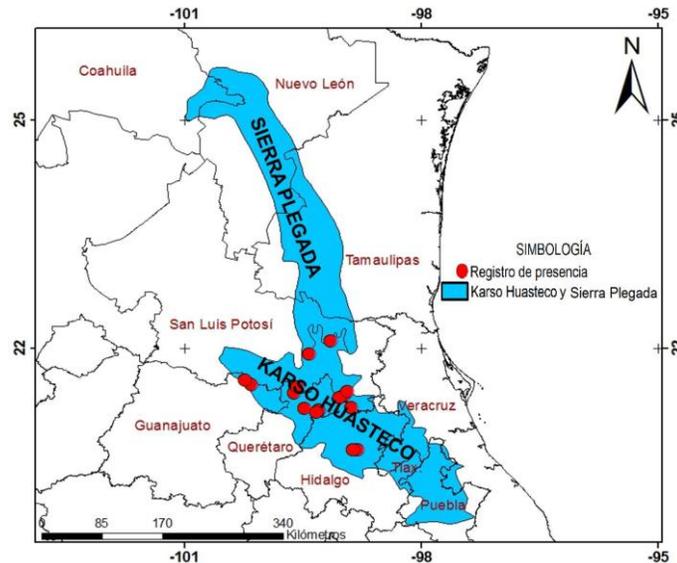


Figura 23. M seleccionada para *L. occulor*.

A efecto de incluir todos los registros de presencia de la especie en M, se decidió que estuviera conformada por la subprovincia fisiográfica del Karso Huasteco y Gran Sierra Plegada (ver Figura 22), dado que el área accesible para la especie se encuentra dentro de ambas subprovincias según los registros disponibles y las aproximaciones del nicho fundamental de la especie obtenidas.

La distribución de los registros de presencia de *L. occulor* en la M seleccionada constituye un ejemplo de un “mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005). Se llegó a esta conclusión después de examinar el patrón de distribución de los registros de presencia de la especie, los cuales abarcan una amplia zona geográfica dentro de la M seleccionada.

### 5.G *Lepidophyma micropholis*.

La provincia biótica Sierra Madre Oriental (SMO) fue perfilada como la M tentativa dado que *L. micropholis* es endémica a ella, particularmente a un centro de endemismo localizado al centro de dicha provincia biótica, dentro de la subprovincia fisiográfica Gran Sierra Plegada (INEGI, 2001; Canseco-Márquez *et al.* 2004) donde *L. micropholis* ha sido reportada como parte de un conjunto de cinco especies de anfibios y cuatro especies de

reptiles. Espinosa *et al.* (2004) reconoce a la porción centro y sur de la GSP como parte del Distrito Potosí de la Subprovincia Sierra Madre Oriental septentrional, el cual se distingue por la presencia de varias especies de flora y fauna.

El corrimiento de modelos exploratorios sugirió que el nicho fundamental de *L. micropholis* se localiza en las subprovincias Gran Sierra Plegada y Karso Huasteco (ver Figura 24) (INEGI, 2001), ambas dentro de la Sierra Madre Oriental así como en la subprovincia Llanuras y Lomeríos, la cual fue descartada dado que la especie no se distribuye en ella.

Los registros de la especie presentes en San Luis Potosí se localizan muy cercanos (14 km) al límite entre Gran Sierra Plegada y el Karso Huasteco, siendo probable que esta última subprovincia fuese parte del área que ha muestreado a lo largo de su historia esta especie (Barve *et al.* 2011). Ante esta posibilidad, se decidió que la M de *L. micropholis* incluyera además de Gran Sierra Plegada al Karso Huasteco.

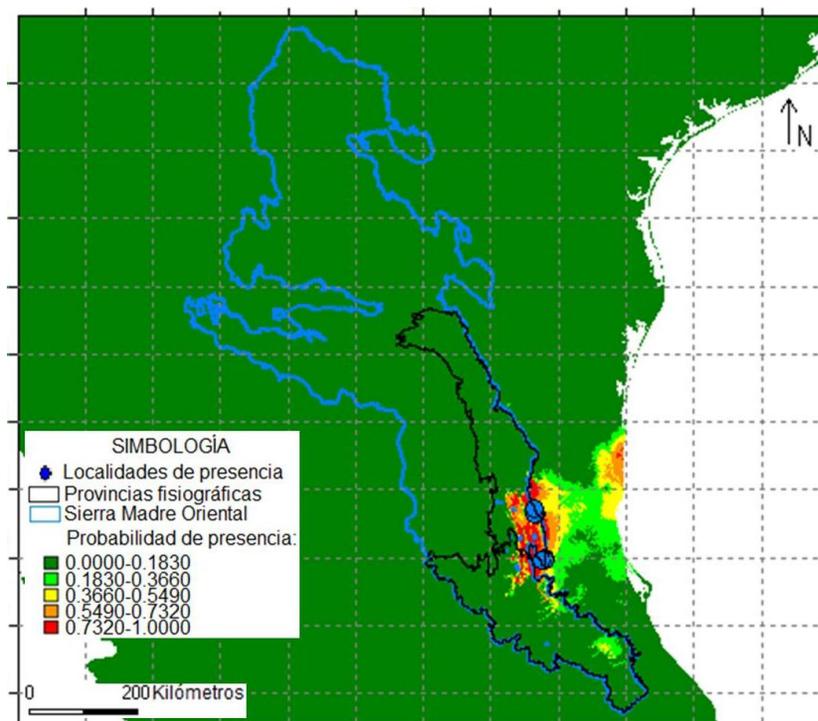


Figura 24. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. micropholis*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

Los registros de presencia de *L. micropholis* se localizan dentro de la Sierra de las Cucharas (erróneamente citada como Sierra del Abra) la cual forma parte de la GSP. La escala de la cartografía de subprovincias fisiográficas de INEGI (2001) es 1:1, 000, 000, comprobándose en ArcView 3.2 que no es lo suficientemente fina para incluir dentro del

polígono de la GSP a la totalidad de la Sierra de las Cucharas, por tanto, se consideró pertinente modificar el polígono de GSP con ArcView 3.2 a efecto de que incluyera a la totalidad de la Sierra de las Cucharas (ver Figura 25).

La distribución de los registros de presencia de *L. micropholis* en la M seleccionada parecen constituir una mezcla de un “mundo de Wallace” y “un mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005) ya que se trata de una especie de hábitos sumamente restringido (especialista de cuevas) relativamente separadas espacialmente entre sí (72 km de distancia en línea recta entra las localidades de Tamaulipas y de San Luis Potosí).

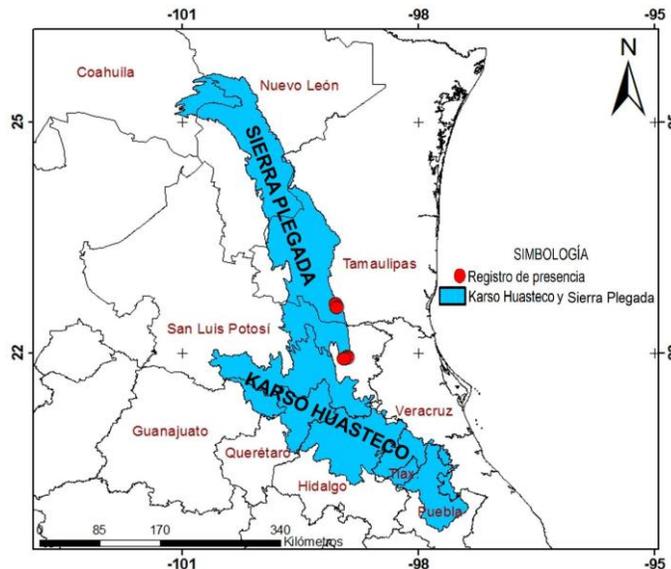


Figura 25. M seleccionada para *L. micropholis*. Modificado de INEGI (2001).

### 5.H *Lepidophyma sylvaticum*

Canseco-Márquez *et al.* (2004) indica que la mayor parte de la distribución de *L. sylvaticum* se localiza dentro de la Sierra Madre Oriental, con poblaciones fuera y cercanas a ellas. Varios de los registros confirmados para la especie se encuentran dentro de las provincias Llanura Costera Norte, Llanura Costera Sur, Faja Volcánica Transmexicana y Mesa del Centro.

El corrimiento de modelos exploratorios confirmó el patrón delineado por Canseco Márquez (*op. cit.*) Ya que la mayor parte del nicho fundamental se ubica dentro de la Sierra Madre Oriental, aunque existen áreas con alta probabilidad de presencia en las provincias contiguas (ver Figura 26).

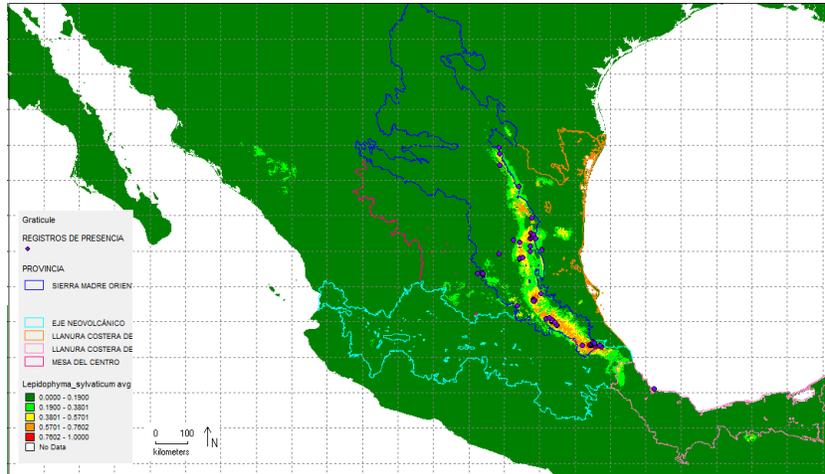


Figura 26. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *L. sylvaticum*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

La M seleccionada incluyó a las subprovincias fisiográficas (*sensu* INEGI, 2001) Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Occidentales, Carso Huasteco (todas ellas dentro de la Sierra Madre Oriental); Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato (Mesa del Centro); Chiconquiaco (Faja Volcánica Transmexicana); Llanuras y Lomeríos (Llanura Costera del Golfo Norte); y Llanura Costera Veracruzana (Llanura Costera del Golfo Sur), dado que las localidades de presencia confirmadas y el modelo experimental del nicho ecológico de *L. sylvaticum* se ubican en ellas (ver Figura 27).

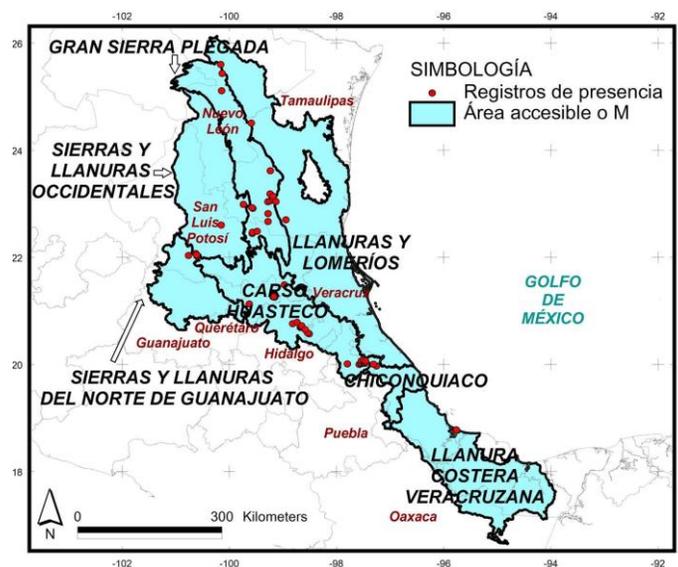


Figura 27. M seleccionada para *L. sylvaticum*. Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas.

La distribución de los registros de presencia de *L. sylvaticum* en la M seleccionada parecen constituir “un mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005), puesto que los registros de presencia de la especie abarcan una amplia zona geográfica dentro de la M

seleccionada. La distancia entre las poblaciones norteñas y sureñas de la especie es de 694 km, aproximadamente, por lo que puede asumirse que existen zonas dentro del área seleccionada inaccesibles pero adecuadas para la especie, y zonas accesibles pero inadecuadas.

### 5.1 *Micrurus laticollaris*

La selección de la M para *Micrurus laticollaris* considero la distribución de los registros de presencia de la especie. Una M apropiada para la especie debe incluir aquellas regiones donde la presencia de la especie ha sido confirmada plenamente. Previamente *M. laticollaris* ha sido considerada endémica de la cuenca del Balsas y la depresión del Tepalcatepec (Campbell y Lamar, 2004). Sin embargo, los registros de presencia indican su presencia en las partes bajas a intermedias de las serranías circundantes, por tanto se utilizo como parte de la delimitación a las provincias fisiográficas Sierra de la Costa de Jalisco y Colima, Sierra de Jalisco, Volcanes de Colima, Cordillera Costera del Sur y Sierras Centrales de Oaxaca (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990).

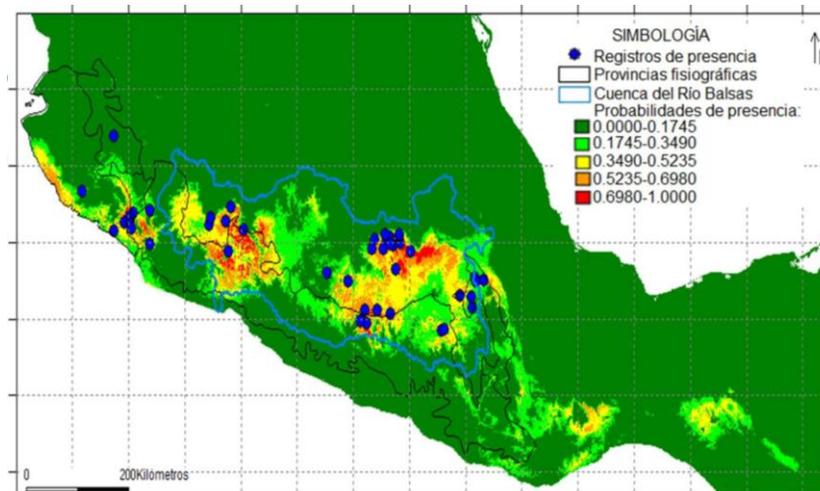


Figura 28. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *M. laticollaris*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (México).

El corrimiento de modelos exploratorios sugirió que el nicho fundamental de *M. laticollaris* se localiza en la cuenca del Balsas (INEGI-INE-CONAGUA, 2007), la depresión del Tepalcatepec, así como en las partes bajas a intermedias de las serranías circundantes, por tanto se utilizo como M a las provincias fisiográficas Sierra de la Costa de Jalisco y Colima, Sierra de Jalisco, Volcanes de Colima, Cordillera Costera del Sur y Sierras Centrales de Oaxaca (Cervantes-Zamora *et al.* 1990) (ver Figura 28 y Figura 29).

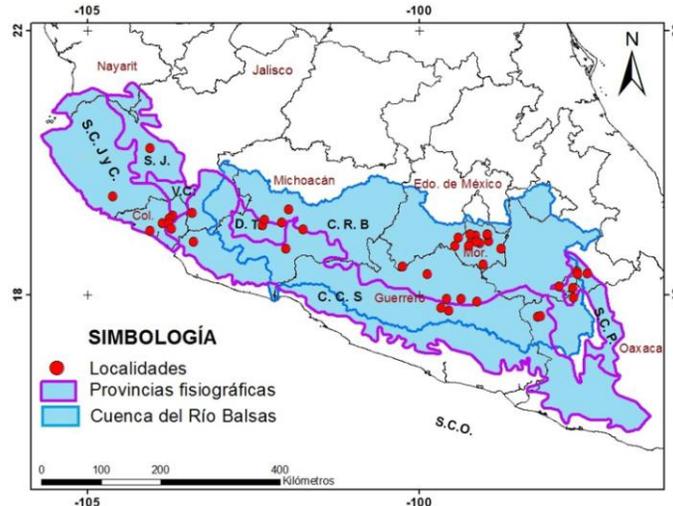


Figura 29. M seleccionada para *M. laticollaris*. Modificado de INEGI (2001). Sierra de la Costa de Jalisco y Colima (S.C.J.), Sierra de Jalisco (S.J), Volcanes de Colima (V.C), Depresión de Tepalcatepec (D.T), Cordillera Costera del Sur (C.C.S), Sierras Centrales de Oaxaca (S.C.O) y la Cuenca del Río Balsas (C.R.B).

### 5.J *Crotalus transversus*

En ausencia de hipótesis biogeográficas sólidas, Soberón (2010) considera que las regiones bióticas pueden ser una alternativa operativa para seleccionar M, en el caso de *C. transversus* la provincia biótica Faja Volcánica Transmexicana fue la primera opción dado que la especie es endémica a ella (Amstrong y Murphy, 1979; Campbell y Lamar, 2004; Bryson *et al.* 2011). Para obtener una aproximación de M se procedió a correr modelos experimentales en MAXENT y en GARP, considerando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM más la altitud, con ello se exploró el nicho fundamental tentativo de la especie. Barve *et al.*, (2011) considera el procedimiento anterior una alternativas a la selección de una provincia biótica para designar M.

Los modelos exploratorios sugirieron que el nicho fundamental de *C. transversus* se localiza dentro de la provincia biótica Faja Volcánica Transmexicana, particularmente dentro de las subprovincias fisiográficas Lagos y Volcanes del Anáhuac y Mil Cumbres (INEGI, 2001) (ver Figura 30). Lo anterior concuerda con la selección de una región biótica apropiada propuesta por Soberón (2010).

Varios autores (VanDerWal *et al.*, 2009; Anderson y Raza, 2010; Barve *et al.* 2011) demuestran que una M excesivamente grande tiende a incrementar o disminuir las áreas predichas como adecuadas para la presencia de la especie. Se ha demostrado también que una M grande suele incrementar artificialmente el desempeño del modelo evaluado a través de estadísticos como AUC. Por ello y considerando que *C. transversus* es una especie endémica de distribución sumamente restringida (Campbell y Lamar, 2004), se

disminuyó M a la provincia fisiográfica Lagos y Volcanes del Anáhuac dado que en ella se encuentran todos los registros plenamente confirmados de la especie.

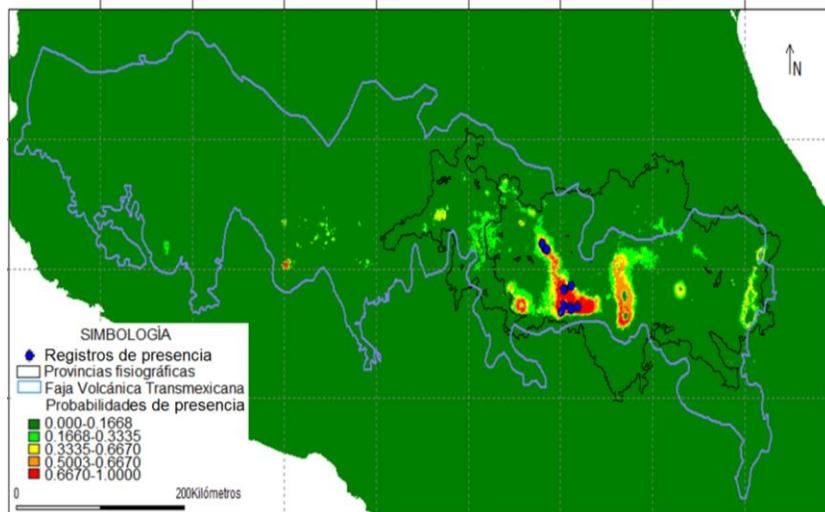


Figura 30. Aproximación geográfica del nicho ecológico fundamental de *C. transversus*. Este modelo fue obtenido con MAXENT empleando las 19 variables bioclimáticas de BIOCLIM y una M sumamente amplia (Mesoamérica).

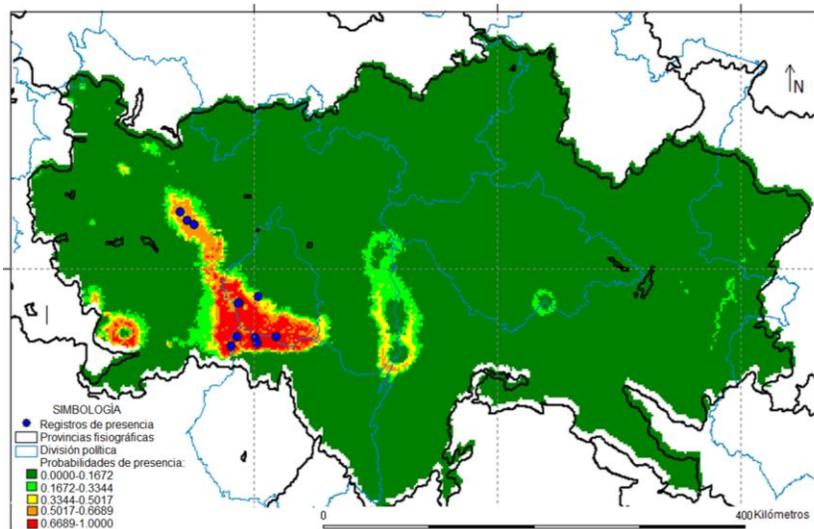


Figura 31. Modelo experimental de *C. transversus* construido con MAXENT utilizando a la provincia Lagos y Volcanes del Anáhuac como M. El modelo fue construido con ocho variables bioclimáticas, más la altitud, seleccionadas para construir el modelo definitivo. El círculo azul muestra la predicción del modelo en la Sierra de las Cruces.

El corrimiento de modelos experimentales con las variables bioclimáticas finales elegidas demostró que cuando M se restringía únicamente a Lagos y Volcanes de Anáhuac, el modelo de *C. transversus* tendía a marcar la Sierra de las Cruces como un área de probabilidad media a buena (ver Figura 31). Lo anterior no fue congruente con la información disponible sobre distribución de la especie dado que en Sierra de las Cruces

se ha confirmado plenamente la presencia de la especie y a que esta serranía aparentemente forma un corredor continuo con la Sierra Ajusco-Chichinautzin (Rzedoswky y Rzedoswky, 1991; Camarillo y Campbell, 2002; Campbell y Lamar 2004) por lo que se esperaba que las zonas de presencia óptima de la especie se localizaran también en la Sierra de las Cruces.

En cambio, cuando M abarcaba también la provincia Mil Cumbres (predicha como parte del nicho fundamental de la especie en modelos experimentales), el modelo tendía a manifestar un mejor desempeño al mejorar la probabilidad de presencia en la Sierra de las Cruces donde se ha confirmado plenamente la presencia de la especie.

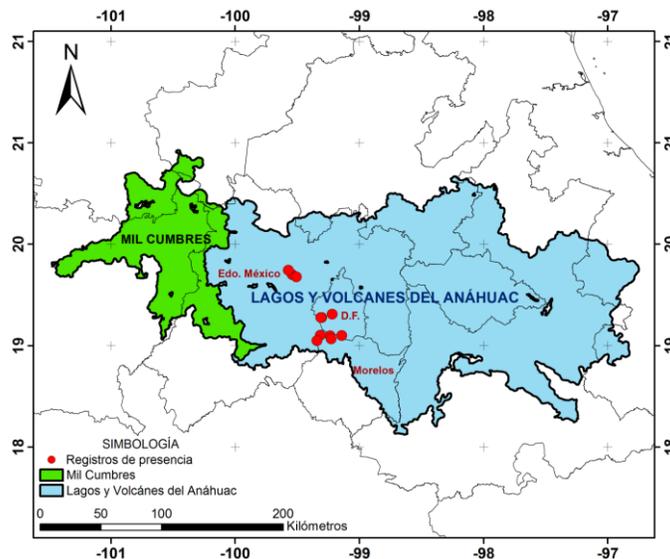


Figura 32. M seleccionada para *C. transversus*. Se indican las provincias fisiográficas seleccionadas.

La inclusión de Mil Cumbres para ampliar M se considero adecuada dado que GARP y MAXENT requieren de una M relativamente más grande que la Go esperada (Jiménez-Valverde et al., 2008; Taller de Modelado de distribución geográfica de especies 2012). Por tanto, la M seleccionada para *C. transversus* fueron las provincias Lagos y Volcanes del Anáhuac y Mil Cumbres (INEGI, 2001) (ver Figura 32).

La distribución de los registros de presencia de *C. transversus* en la M seleccionada constituye un ejemplo de un “mundo clásico” (Soberón y Peterson, 2005) donde existen zonas del mundo inaccesibles pero adecuadas para la especie y zonas accesibles pero inadecuadas. Esta conclusión se desprende dado que se trata de una cascabel de alta montaña cuyas condiciones bioclimáticas óptimas pueden encontrarse dentro de varias de las montañas presentes en la Faja Volcánica Transmexicana según los modelos experimentales construidos y a que la capacidad de dispersión de la especie puesto que las especies de cascabel del grupo de *C. intermedius* (al que pertenece *C. transversus*)

suelen tener una distribución amplia dentro de las tierras altas del país (Bryson et al., 2011).

## 6 Descripción de las variables empleadas en la modelación

El modelado fue realizado considerando 19 variables climáticas (Cuadro 16) contenidas en WordClim (Hijmans *et al.* 2004) más la altitud. Las variables empleadas fueron relativas a temperatura y precipitación, las cuales son muy importantes dados los requerimientos ecofisiológicos de anfibios y reptiles. La resolución de las capas bioclimáticas fue de 30" de grados geográficos (píxeles de 1 km, aproximadamente).

**Cuadro 16. Variables climáticas empleadas para obtener los modelos de distribución potencial.**

Variable	Descripción
1	Temperatura promedio anual
2	Oscilación diurna de la temperatura
3	Isotermalidad
4	Estacionalidad de la temperatura
5	Temperatura máxima promedio del mes más cálido
6	Temperatura mínima promedio del mes más frío
7	Oscilación anual de la temperatura
8	Temperatura promedio del trimestre (estación) más lluvioso
9	Temperatura promedio del trimestre (estación) más seco.
10	Temperatura promedio del trimestre (estación) más cálido
11	Temperatura promedio del trimestre (estación) más frío
12	Precipitación anual
13	Precipitación del mes más lluvioso
14	Precipitación del mes más seco
15	Estacionalidad de la precipitación
16	Precipitación del trimestre (estación) más lluvioso
17	Precipitación del trimestre (estación) más seco
18	Precipitación del trimestre (estación) más cálido
19	Precipitación del trimestre (estación) más frío

Variable	Descripción
20	Altitud sobre el nivel del mar

A efecto de evitar un posible sobreajuste en los modelos, la selección de variables bioclimáticas se realizó a partir de dos procedimientos generales:

1) Se corrió un modelo exploratorio en MAXENT con las 19 variables bioclimáticas más la altitud, empleando la M definitiva para la especie y el umbral *Minimum Training Presence*. A este modelo se le aplicó un análisis de Jackknife para evaluar la contribución de cada una de las variables a la construcción del modelo. Este procedimiento permitió detectar variables bioclimáticas que tentativamente pueden determinar el nicho ecológico fundamental de las especies de interés, como ha sido recomendado por Barve *et al.* (2011).

2) Se corrieron dos Análisis de Componentes Principales en el programa PAST 2.09, uno de ellos tuvo como finalidad identificar aquellas variables bioclimáticas altamente correlacionadas así como variables no correlacionadas entre sí, el otro se utilizó para identificar las variables bioclimáticas que influyen en el ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal (CP1), el cual explicó la mayor cantidad de varianza de los datos.

3) Las variables altamente correlacionadas también fueron evaluadas mediante el coeficiente de correlación de Spearman, con nivel de significancia  $P < 0.05$ . La evaluación fue realizada en los programas *Statística* 8.0. y PAST 3.0. El criterio de selección entre las variables bioclimáticas altamente colineales fue su contribución a la construcción de los modelos experimentales en la gráfica Jackknife o su correlación con el primer componente principal (CP1).

## **6.A Selección de las variables ambientales empleadas en la construcción del modelo**

A continuación se detalla el procedimiento de selección de variables para cada especie.

### **6.A.1 *Chiropterotriton multidentatus***

Se trata de una especie cuya ecología ha sido poco estudiada, por lo que todos los registros plenamente confirmados de la especie fueron considerados en el modelaje. Habita en clima templado-húmedo con inviernos fríos, en un área con frecuentes e intensos vientos que alcanzan las velocidades de 10 Km/ h en ciertas épocas de año. La

temperatura media anual entre 10 y 14° C y las mínimas extremas entre -6 y 9° C, la precipitación promedio anual varía de 600 a 1500 mm (García, 1988). Se localiza en áreas cubiertas por bosque, los cuales son lugares templados, húmedos o muy húmedos, con poca sombra, los sitios comunes donde habitan es troncos podridos, bajo hojarasca o bajo piedras, en bosque de oyamel, bosque de pino y bosque mesófilo de montaña (Casas-Andreu y Aguilar-Miguel, 2003).

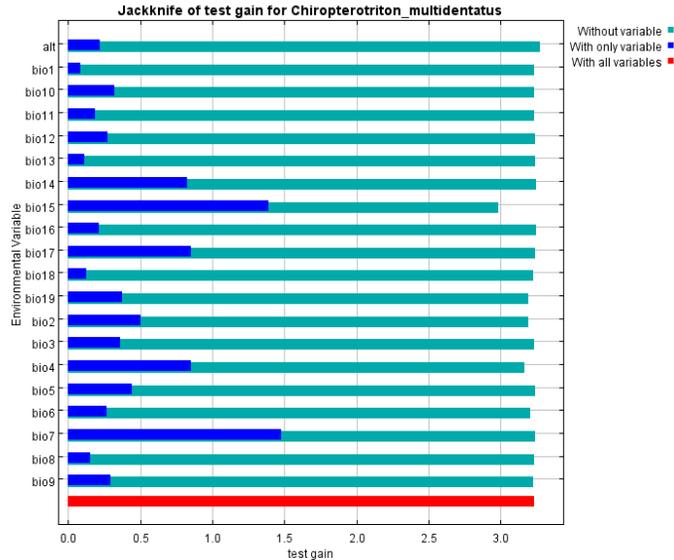


Figura 33. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *C. multidentatus*.

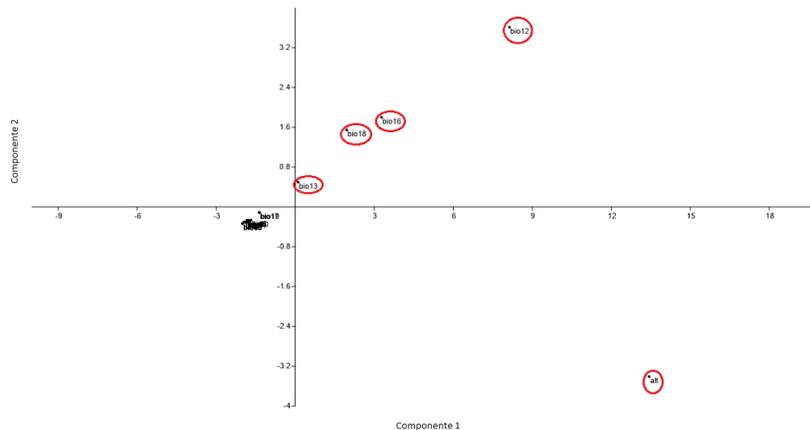


Figura 34. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *C. multidentatus*.

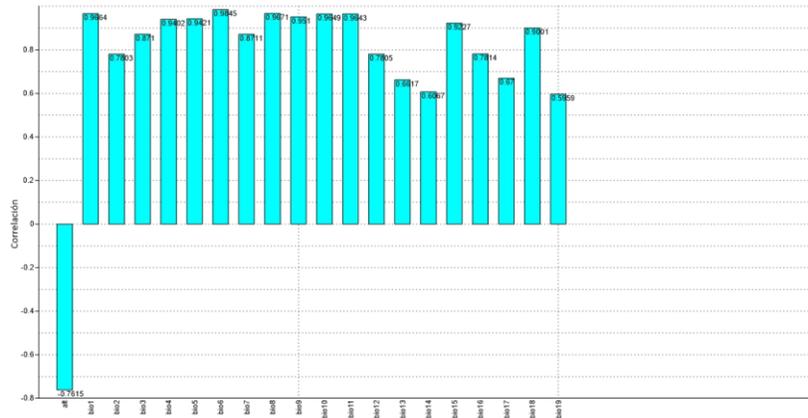


Figura 35. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *C. multidentatus*. El primer componente principal explicó el 74.49% de la varianza observada.

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para *C. multidentatus* (ver Figura 33) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 7, BIO 15, BIO 17, BIO 14 y BIO 4.

Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: BIO 19, BIO 18, BIO 17, BIO 14, BIO 13, BIO 6, BIO 2 y ALT (ver Figura 34). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO 6, BIO 8, BIO 1, BIO 10, BIO 11, BIO 9, BIO 5, BIO 4 y BIO 14 (ver Figura 35).

En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas consideradas fueron las siguientes:

ANÁLISIS		VARIABLES INCLUIDAS
Ordenamiento de localidades en el CP1		BIO 6, BIO 8, BIO 1, BIO 10, BIO 11, BIO 9, BIO 5, BIO 4 y BIO 14
Análisis de Jackknife	Training gain	BIO 7, BIO 15, BIO 17, BIO 14 y BIO 4
	AUC	BIO 7, BIO 15, BIO 17, BIO 14 y BIO 4
	Test gain	BIO 7, BIO 15, BIO 17, BIO 14 y BIO 4
No correlacionadas		BIO 19, BIO 18, BIO 17, BIO 14, BIO 13, BIO 6, BIO 2 y ALT

Se efectuaron ocho combinaciones de variables (ver descripción en el Cuadro 17) cuyos modelos experimentales fueron corridos en MAXENT, los modelos promedio (*average*) resultantes fueron inspeccionados a efecto de seleccionar aquella combinación de variables que producían modelos aceptables, es decir que no tuvieran errores de omisión o comisión notorios en relación a las localidades de presencia conocidas y la distribución conocida o inferida.

Cuadro 17. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluye aquellas variables que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 6, BIO 8, BIO 1, BIO 10, BIO 11, BIO 9, BIO 5, BIO 4 y BIO 15
Modelo 2. Incluye las variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables más la Altitud.	BIO 7, BIO 15, BIO 17, BIO 14 y BIO 4
Modelo 3. Incluye aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas significativamente con ninguna otra variable.	BIO 19, BIO 18, BIO 17, BIO 14, BIO 13, BIO 6, BIO 2 y ALT
Modelo 4. Incluye aquellas variables que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1, no correlacionadas entre sí.	BIO 6, BIO 4 y BIO 15
Modelo 5. Incluye una combinación de variables de mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1, no correlacionadas entre sí.	BIO 6, BIO 1, BIO 9, BIO 4 y BIO 15
Modelo 6. Incluye una combinación de variables de mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1, no correlacionadas entre sí.	BIO 6, BIO 10, BIO 9 y BIO 15
Modelo 7. Incluye aquellas de variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental más las variables que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 7, BIO 15, BIO 17, BIO 14, BIO 4, BIO 6, BIO 8 y BIO 9
Modelo 8. Incluye aquellas variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental más las variables que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 7, BIO 15, BIO 17, BIO 14, BIO 4, BIO 6, BIO 1 y BIO 9

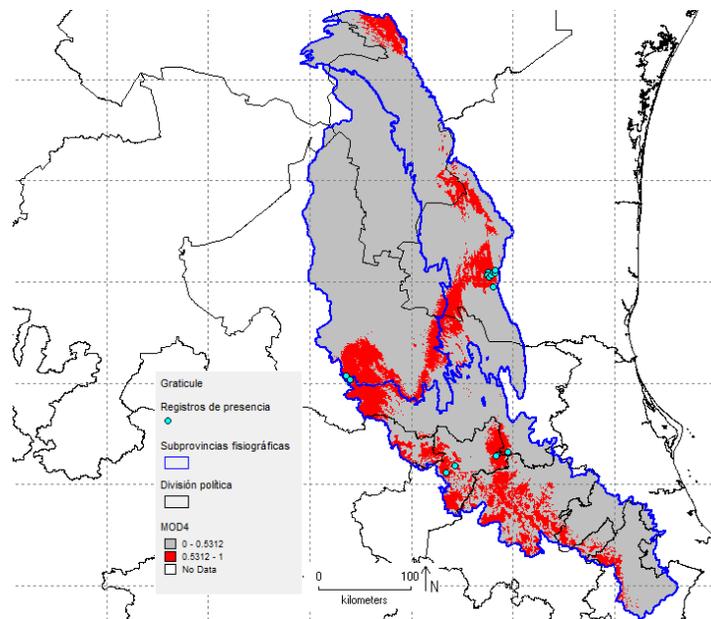


Figura 36. Áreas de presencia de *P. charadricola* empleando el conjunto de variables del modelo 4 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.

De los ocho modelos experimentales corridos fue seleccionada la combinación de variables incluida en el modelo 7, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobrepredecir notoriamente la presencia de la especie (errores de comisión) en sitios

donde definitivamente no se ha registrado a la misma dentro de la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano, considerando que la distribución de esta especie no es continua (Figura 36). La construcción del modelo definitivo de *C. multidentatus* fue realizada con ocho variables bioclimáticas, las cuales fueron:

- BIO4 (Temperatura estacional °C)
- BIO6 (Temperatura mínima del mes más frío °C)
- BIO7 (Rango de temperatura anual °C)
- BIO8 (Temperatura media del trimestre más húmedo °C)
- BIO9 (Temperatura media del trimestre más seco °C)
- BIO14 (Precipitación del mes más seco mm)
- BIO15 (Precipitación estacional mm)
- BIO17 (Precipitación del trimestre más seco mm)

### 6.A.2 *Plectrohyla charadricola*

La ecología y requerimientos del hábitat de *P. charadricola* han sido estudiados insuficientemente por lo que todos los registros plenamente confirmados de la especie fueron considerados en el modelaje. Esta especie se distribuye en islas de bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encino, habita en climas húmedos con lluvias todo el año en arroyos rocosos de montaña, en sitios provistos de helechos arborescentes, con epífitas de encinos o *Liquidambar* (Ramírez-Bautista *et al.* 2004).

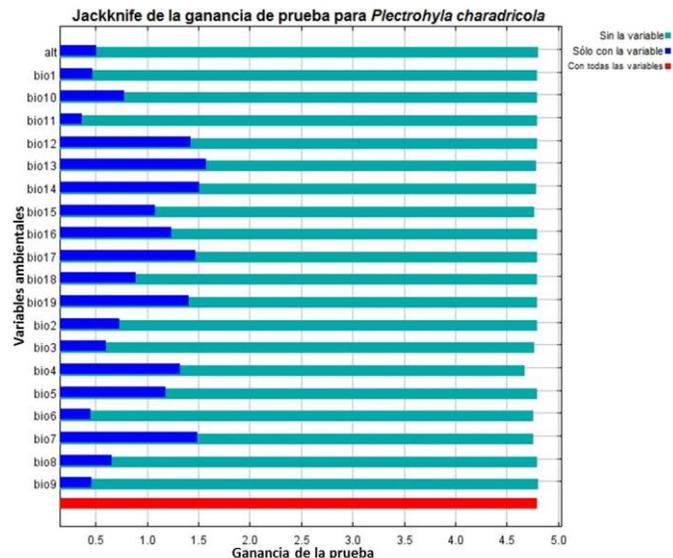


Figura 37. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *P. charadricola*.

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para *P. charadricola* (ver Figura 37) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 13, BIO 14, BIO 17, BIO 7, BIO 12, BIO 19, BIO 4, BIO 16, BIO 5 y BIO 15. Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: BIO 13, BIO 18, BIO 19, BIO 16, ALT, BIO 2, BIO 12, BIO

6 y BIO 7 (ver Figura 38). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO 8, BIO 1, BIO 10, BIO 11, BIO 9, BIO 5, BIO 4 y BIO 6 (ver Figura 39).

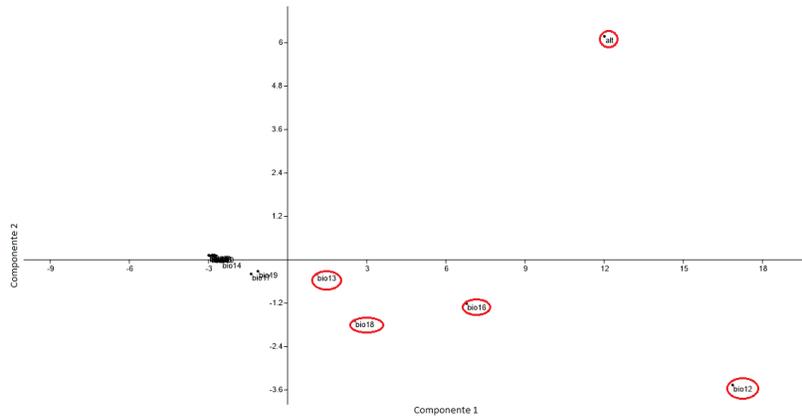


Figura 38. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *P. charadricola*.

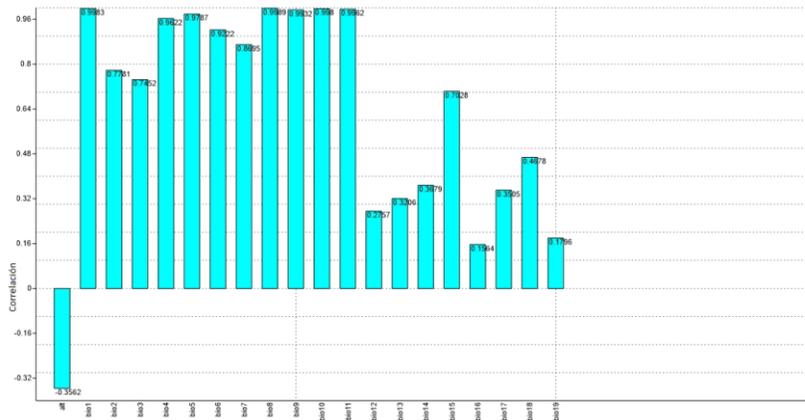


Figura 39. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *P. charadricola*. El primer componente principal explicó el 54.77% de la varianza observada.

En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas que se emplearon fueron las siguientes:

ANÁLISIS	VARIABLES INCLUIDAS
Ordenamiento de localidades en el CP1	BIO 8, BIO 1, BIO 10, BIO 11, BIO 9, BIO 5, BIO 4 y BIO 6
Análisis de Jackknife	Training gain
	BIO 13, BIO 14, BIO 17, BIO 12, BIO 19, BIO 7, BIO 16, BIO 4 y BIO 5
	AUC
	BIO 7, BIO 13, BIO 12, BIO 19, BIO 17, BIO 14, BIO 4, BIO 16, BIO 5 y BIO 15

Test gain	BIO 13, BIO 14, BIO 17, BIO 7, BIO 12, BIO 19, BIO 4, BIO 16, BIO 5 y BIO 15
No correlacionadas	BIO 13, BIO 18, BIO 19, BIO 16, ALT, BIO 2, BIO 12, BIO 6 y BIO 7

Se efectuaron ocho combinaciones de variables (ver descripción en el Cuadro 18) cuyos modelos experimentales fueron corridos en MAXENT, los modelos promedio (*average*) resultantes fueron inspeccionados a efecto de seleccionar aquella combinación de variables que producían modelos aceptables, es decir que no tuvieran errores de omisión o comisión notorios en relación a las localidades de presencia conocidas y la distribución conocida o inferida.

De los ocho modelos experimentales corridos fue seleccionada la combinación de variables incluida en el modelo 7, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobrepredecir la presencia de la especie (errores de comisión) a lo largo de la provincia fisiográfica Karso Huasteco (Figura 40) o estaban sobreajustados a los datos de presencia (Figura 41).

**Cuadro 18. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.**

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluye aquellas variables que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 8, BIO 1, BIO 10, BIO 11, BIO 9, BIO 5, BIO 4 y BIO 6
Modelo 2. Incluye las variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables más la Altitud.	BIO 13, BIO 14, BIO 17, BIO 12, BIO 19, BIO 7, BIO 16, BIO 4 y BIO 5
Modelo 3. Incluye las variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables más la Altitud que se mostraron por lo menos en dos de los tres análisis de Jackknife.	BIO 13, BIO 14, BIO 17, BIO 12, BIO 19, BIO 7, BIO 16, BIO 4, BIO 5 y BIO 15
Modelo 4. Incluye aquellas variables de mayor contribución al ordenamiento en el CP1 que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.99$ ) entre ellas.	BIO 8, BIO 5 y BIO 6
Modelo 5. Modelo menos restrictivo que incluye aquellas variables que mayor contribución tuvieron en el modelo experimental y que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.99$ ) entre ellas.	BIO 13, BIO 14, BIO 12, BIO 19, BIO 7, BIO 16 y BIO 4
Modelo 6. Modelo de mayor restricción que incluye aquellas variables que mayor contribución tuvieron en el modelo experimental y que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.9$ ) entre ellas.	BIO 13, BIO 14, BIO 12, BIO 19 y BIO 7
Modelo 7. Modelo de mayor restricción que incluye aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 8) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 13, BIO 14, BIO 12, BIO 19 y BIO 7).	BIO 8, BIO 13, BIO 14, BIO 12, BIO 19 y BIO 7
Modelo 8. Modelo menos restrictivo que incluye la suma de aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 8, BIO 5 y BIO 6) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ )	BIO 8, BIO 5, BIO 6, BIO 13, BIO 14, BIO 12, BIO 19, BIO 7 y BIO 16

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 13, BIO 14, BIO 12, BIO 19, BIO 7, BIO 16 y BIO 4). La correlación entre BIO 5 y BIO 4 resultó significativa, por lo que BIO 4 (de menor contribución) fue eliminada.	

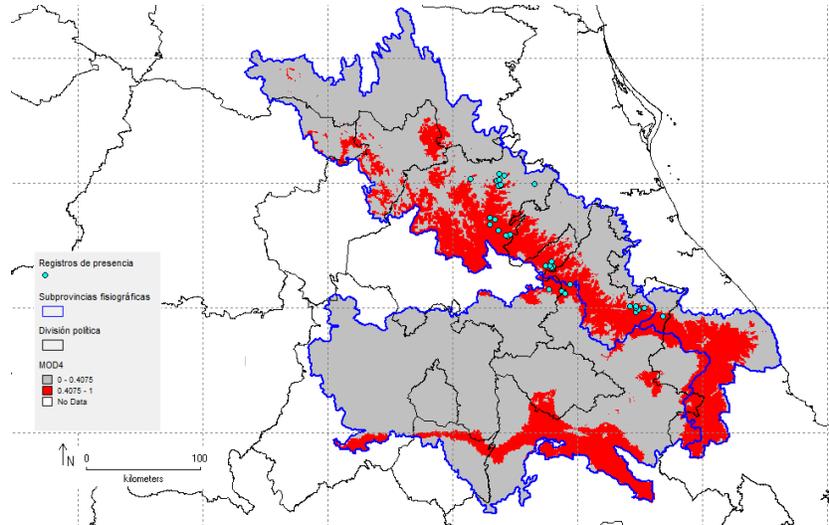


Figura 40. Áreas de presencia de *P. charadricola* empleando el conjunto de variables del modelo 4 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.

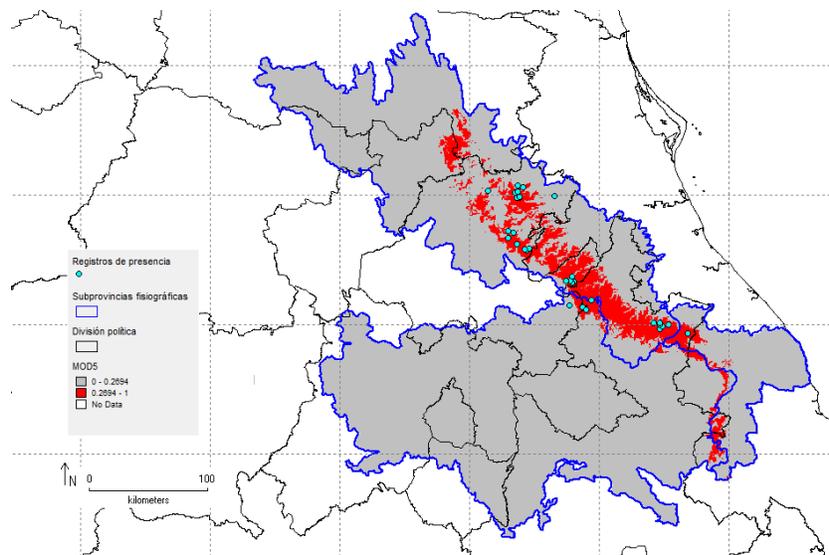


Figura 41. Áreas de presencia de *L. P. charadricola* empleando el conjunto de variables del modelo 5 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un sobreajuste a las localidades de presencia.

La construcción del modelo definitivo de *P. charadricola* fue realizada con seis variables bioclimáticas, las cuales fueron:

BIO7 (Rango de temperatura anual °C)

PROYECTO JM042 "MODELAJE DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN RIESGO

- BIO8 (Temperatura media del trimestre más húmedo °C)
- BIO12 (Precipitación anual mm)
- BIO13 (Precipitación del mes más húmedo mm)
- BIO14 (Precipitación del mes más seco mm)
- BIO19 (Precipitación del trimestre más frío mm)

### 6.A.3 *Lithobates johni*

La ecología y requerimientos del hábitat de *L. johni* ha sido poco estudiada (Blair, 1947; Campos-Rodríguez *et al.* 2012a) por lo que todos los registros plenamente confirmados de la especie fueron considerados en el modelaje. El único requerimiento de hábitat claro para la especie es la precipitación, debido a la importancia que tiene el hidroperiodo, en las adaptaciones específicas para evitar el riesgo de desecación, así como su influencia en el periodo disponible de colonización y duración de la estación reproductiva de los anfibios (Beja y Alcanzar, 2003; Herrmann *et al.* 2005).

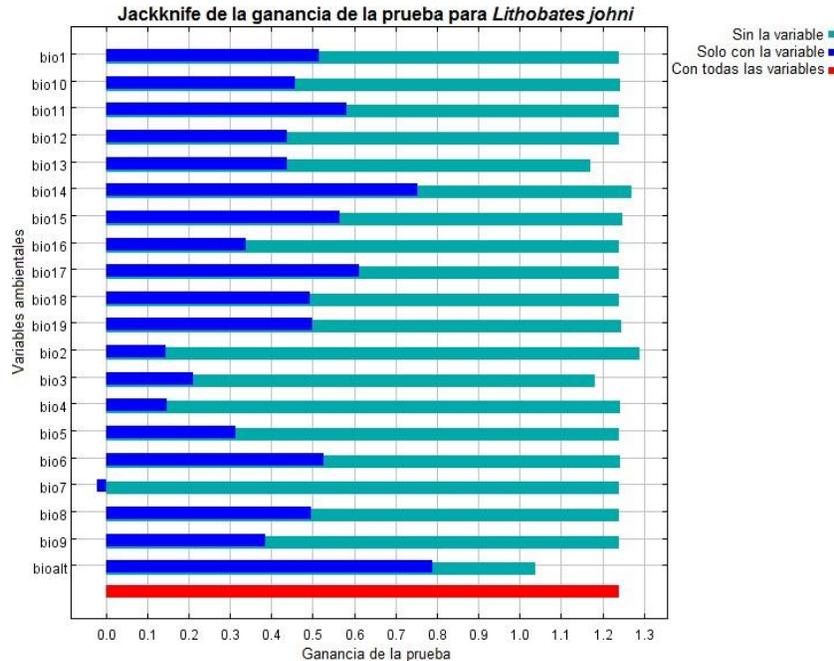


Figura 42. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *L. johni*.

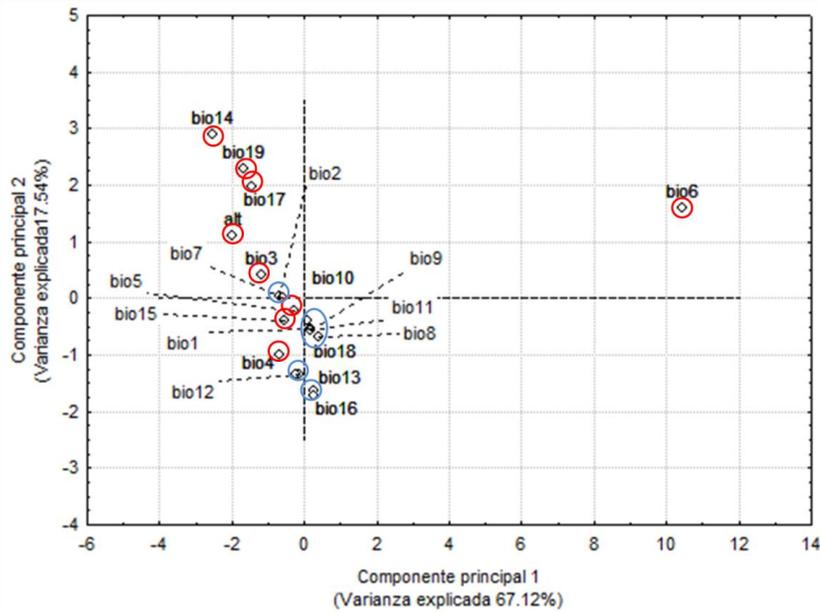


Figura 43. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *L. johni*.

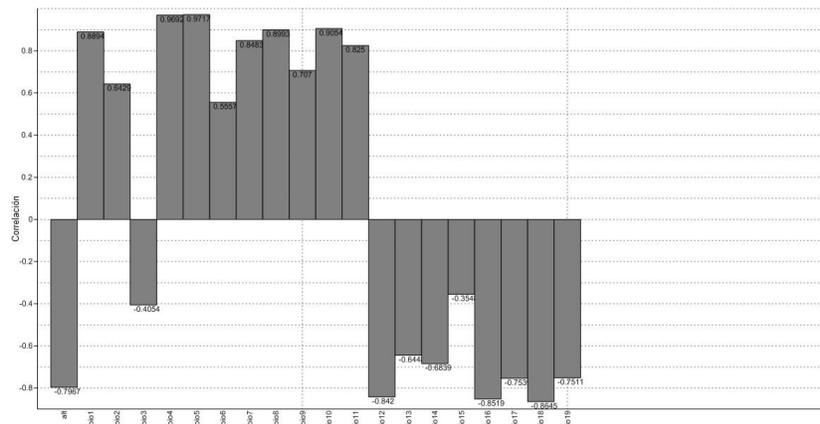


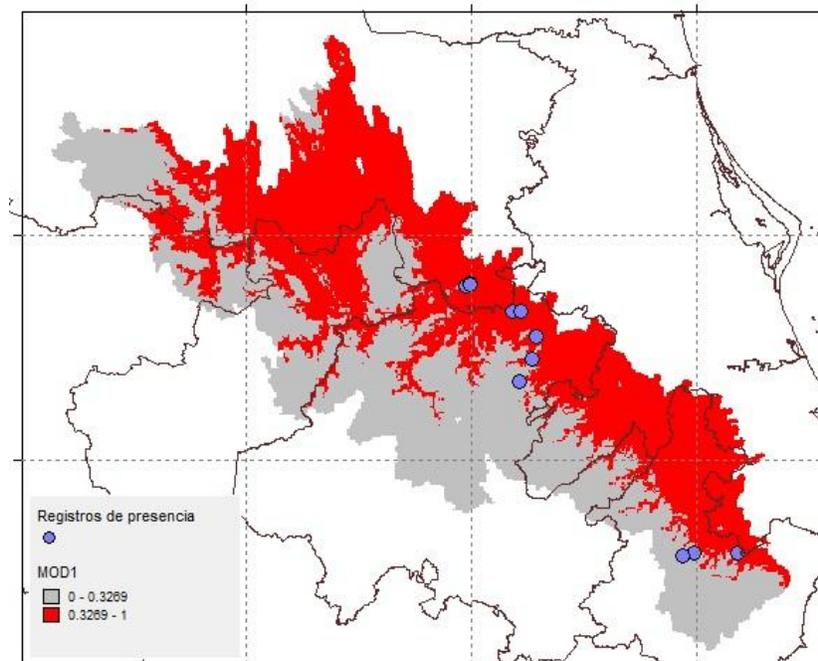
Figura 44. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *L. johni*. El primer componente principal explica el 60.24% de la varianza observada.

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para *L. johni* (ver Figura 42) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: Altitud, BIO1, BIO2, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10, BIO11 y BIO15.

Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: Altitud, BIO2, BIO3, BIO6, BIO7, BIO13, BIO14, BIO15, BIO16, BIO17 y BIO19 (ver Figura 43). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO4, BIO5 y BIO10 (ver Figura 44).

**Cuadro 19. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.**

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluyó a las variables con mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el CP1	BIO4, BIO5 y BIO10
Modelo 2. Incluyó a las variables con mayor contribución en el jackknife del modelo experimental que se corrió con las 19 variables bioclimáticas	Altitud, BIO1, BIO2, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10, BIO11 y BIO15.
Modelo 3. Incluyó una reducción del número de variables con mayor contribución en el jackknife del modelo experimental que se corrió con las 19 variables bioclimáticas. Únicamente se tomaron 7 de las 11 variables con mayor contribución dentro de la prueba	Altitud, BIO1, BIO6, BIO11, BIO14, BIO15 y BIO17
Modelo 4. Incluyó a todas las variables de precipitación y a dos de las variables de temperatura con una buena contribución en el jackknife del modelo experimental corrido con las 19 variables bioclimáticas	Altitud, BIO1, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10 Y BIO 11.
Modelo 5. Incluyó a las variables dentro del ACP con menor correlación (aisladas) con el resto de las variables	Altitud, BIO2, BIO3, BIO6, BIO7, BIO13, BIO14, BIO15, BIO16, BIO17 y BIO19



**Figura 45. Áreas de presencia de *L. johni* empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.**

Considerando dicha información, fueron corridos cinco modelos experimentales en MAXENT donde se efectuaron combinaciones de las variables bioclimáticas empleadas según su contribución al ordenamiento de localidades en el CP1, su contribución a la construcción del modelo experimental con las 19 variables bioclimáticas, el grado de correlación con otras variables bioclimáticas y su importancia ecológica para la especie (en el caso de las variables relativas a la precipitación). Los modelos experimentales empleados se describen en el Cuadro 19.

De los cinco modelos experimentales corridos fue seleccionada la combinación de variables incluida en el modelo 3, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobrepredicir la presencia de la especie (errores de comisión) en sitios donde definitivamente no se ha registrado a la misma (Figura 45) o presentaron una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Karso Huasteco (Figura 46).

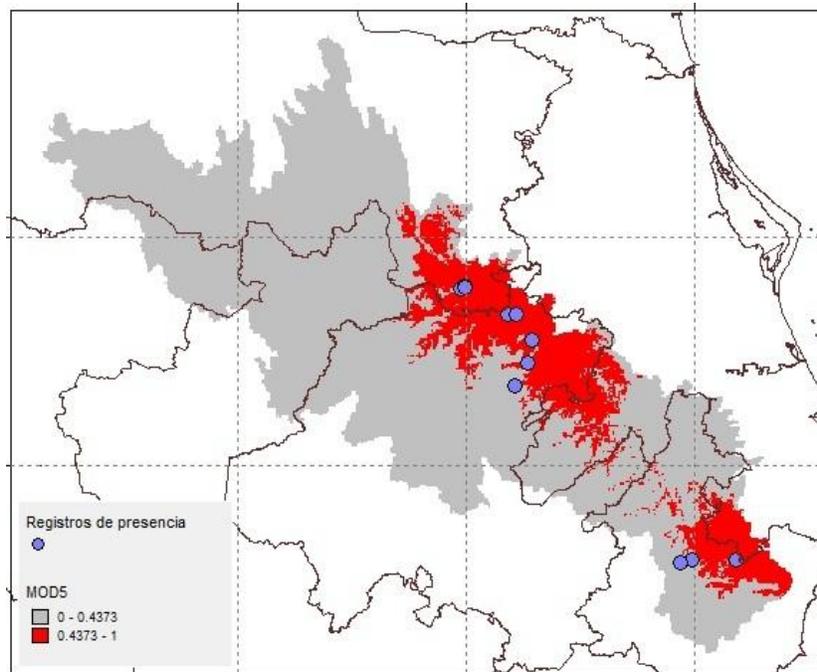


Figura 46. Áreas de presencia de *L. johni* empleando el conjunto de variables del modelo 5 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un sobreajuste a las localidades de presencia.

La construcción del modelo definitivo de *L. johni* fue realizada con seis variables bioclimáticas más la altitud, las cuales fueron:

- BIO1 (Temperatura promedio anual °C)
- BIO6 (Temperatura mínima promedio del mes más frío °C)
- BIO11 (Temperatura máxima promedio del mes más cálido °C)
- BIO14 (Precipitación del mes más seco mm)
- BIO15 (Estacionalidad de la precipitación mm)
- BIO17 (Precipitación del trimestre más seco mm)
- Altitud (msnm).

#### **6.A.4 *Anolis naufragus***

La ecología y requerimientos del hábitat de *A. naufragus* ha sido poco estudiada, al igual que las demás especies fue necesario considerar todos los registros conocidos de la especie para el modelaje. Es una lagartija que habita en climas templado húmedo de altitud y templado semi-cálido con lluvias todo el año. Hábita en bosque mesófilo de montaña, en sitios con vegetación densa y diversa, de alta humedad, en el suelo o en

pequeños arbustos en zonas con pequeñas cascadas, en altitudes de 500 a 2150 msnm (Ramirez-Bautista *et al.*, 2004).

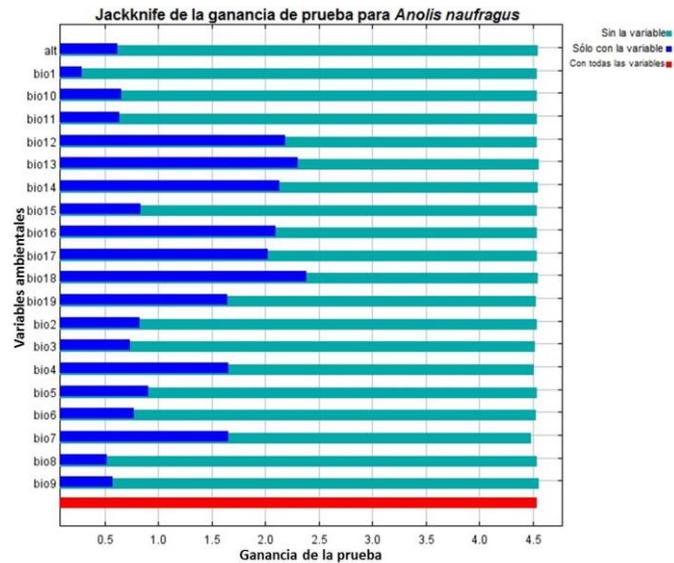


Figura 47. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *A. naufragus*.

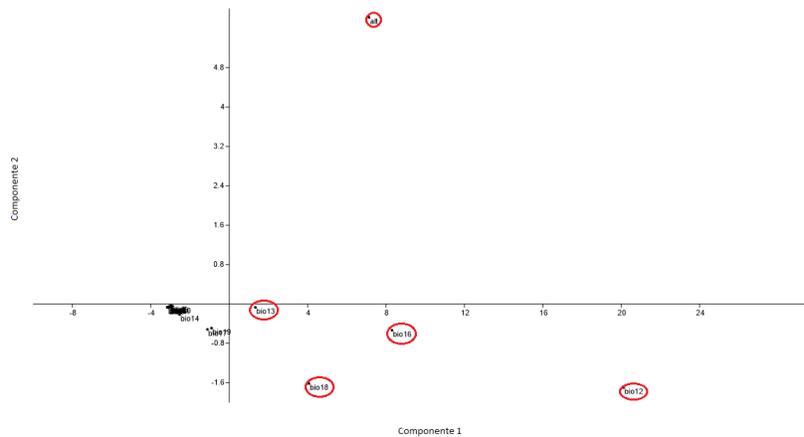


Figura 48. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *A. naufragus*.

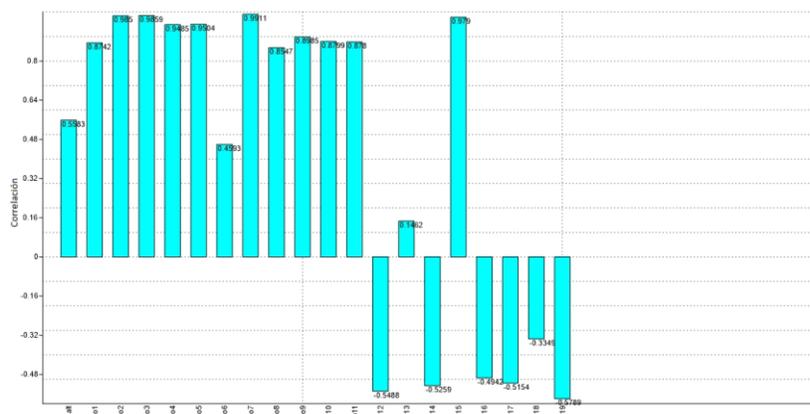


Figura 49. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *A. naufagus*. El primer componente principal explicó el 58.06% de la varianza observada.

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para *L. gaigeae* (ver Figura 47) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 18, BIO 13, BIO 12, BIO 14, BIO 16, BIO 17, BIO 4, BIO 7 y BIO 19.

Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: BIO 6, BIO 13, BIO 16, BIO 18, ALT y BIO 12 (ver Figura 48). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO 7, BIO 3, BIO 2, BIO15, BIO 5 y BIO 4 (ver Figura 58).

En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas que se emplearon fueron las siguientes:

**ANÁLISIS**

**VARIABLES INCLUIDAS**

Ordenamiento de localidades en el CP1	BIO 7, BIO 3, BIO 2, BIO15, BIO 5 y BIO 4
Análisis de Jackknife	
Training gain	BIO 18, BIO 13, BIO 12, BIO 14, BIO 16, BIO 17, BIO 19, BIO 4 y BIO 7
AUC	BIO 13, BIO 12, BIO 16, BIO 14, BIO 17, BIO 18, BIO 7, BIO 4, BIO 19 y BIO 5
Test gain	BIO 18, BIO 13, BIO 12, BIO 14, BIO 16, BIO 17, BIO 4, BIO 7 y BIO 19
No correlacionadas	BIO 6, BIO 13, BIO 16, BIO 18, ALT y BIO 12

Se efectuaron siete combinaciones de variables (ver descripción en el Cuadro 20) cuyos modelos experimentales fueron corridos en MAXENT, los modelos promedio (*average*) resultantes fueron inspeccionados a efecto de seleccionar aquella combinación de variables que producían modelos aceptables, es decir que no tuvieran

errores de omisión o comisión notorios en relación a las localidades de presencia conocidas y la distribución conocida o inferida.

**Cuadro 20. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.**

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluye aquellas variables que mayor contribución tienen al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 7, BIO 3, BIO 2, BIO 15, BIO 5 y BIO 4
Modelo 2. Incluye aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas significativamente con otras variables. La correlación entre las variables BIO 12 y ALT, se consideró significativa ( $r < 0.9$ ) por lo que sólo se empleó la variable ALT.	BIO 6, BIO 13, BIO 16, BIO 18 y ALT
Modelo 3. Incluye aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas significativamente con otras variables. La correlación entre las variables BIO 12 y ALT, se consideró significativa ( $r < 0.9$ ) por lo que sólo se empleó la variable BIO 12.	BIO 6, BIO 13, BIO 16, BIO 18 y BIO 12.
Modelo 4. Incluye las variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables más la Altitud.	BIO 18, BIO 13, BIO 12, BIO 14, BIO 16, BIO 17, BIO 19, BIO 4 y BIO 7
Modelo 5. Incluye aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 3 y BIO 5) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 18, BIO 13, BIO 12, BIO 16, BIO 14 y BIO 4). Eliminándose BIO 4 por su correlación con las variables BIO 5 y BIO 3.	BIO 3, BIO 5, BIO 12, BIO 13, BIO 14, BIO 16 y BIO 18
Modelo 6. Incluye las variables de mayor contribución al modelo experimental que no presentan correlación significativa ( $r < 0.9$ ) entre ellas. Las variables BIO 4 y BIO 7 se encontraron correlacionadas por lo que sólo se empleó BIO 4.	BIO 18, BIO 13, BIO 12, BIO 16, BIO 14 y BIO 4
Modelo 7. Incluye las variables de mayor contribución al modelo experimental que no presentan correlación significativa ( $r < 0.9$ ) entre ellas. Las variables BIO 4 y BIO 7 se encontraron correlacionadas por lo que sólo se empleó BIO 7.	BIO 18, BIO 13, BIO 12, BIO 16, BIO 14 y BIO 7

Se selecciono la combinación de variables incluida en el modelo 5, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobreajustar la presencia de la especie (errores de omisión) (Figura 50). El modelo 5, sugiere una distribución continua entre las localidades del extremo sur de Puebla con el resto de poblaciones de la especie.

La construcción del modelo definitivo de *A. naufragus* fue realizada con siete variables bioclimáticas, las cuales fueron:

- BIO3 (Isotermalidad °C)
- BIO5 (Temperatura máxima del mes más cálido °C)
- BIO12 (Precipitación anual mm)
- BIO13 (Precipitación del mes más húmedo mm)
- BIO14 (Precipitación del mes más seco mm)
- BIO16 (Precipitación del trimestre más húmedo mm)
- BIO18 (Precipitación del trimestre más cálido mm)

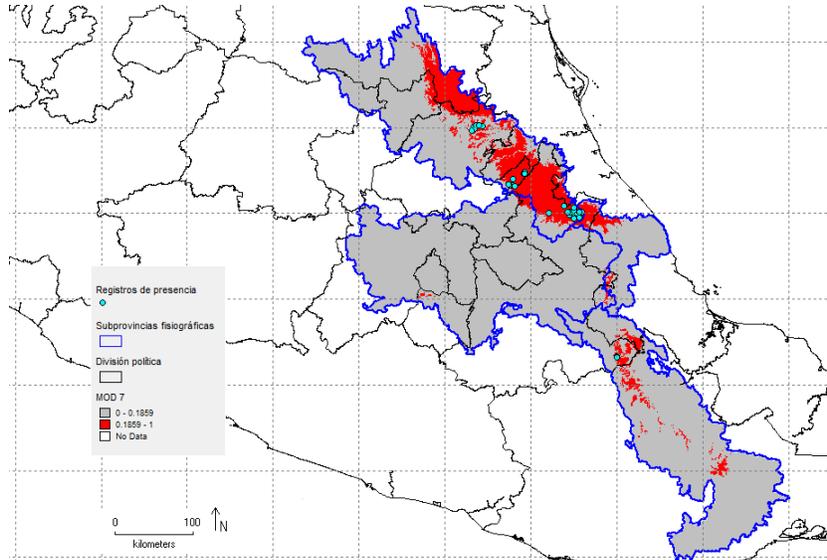


Figura 50. Áreas de presencia de *A. naufragus* empleando el conjunto de variables del modelo 7 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un sobreajuste a las localidades de presencia.

### 6.A.5 *Lepidophyma gaigeae*

La ecología y requerimientos del hábitat de *L. gaigeae* ha sido poco estudiada. Fue necesario considerar todos los registros confirmados de la especie para el modelaje. Habita en climas templados húmedos con lluvias todo el año y templado húmedo con lluvias en verano, en altitudes de 600 a 2520 m. Su hábitat son afloramientos rocosos y grietas de rocas calizas, en bosque de pino-encino y matorral xerófilo (Ramírez-Bautista *et al.* 2004).

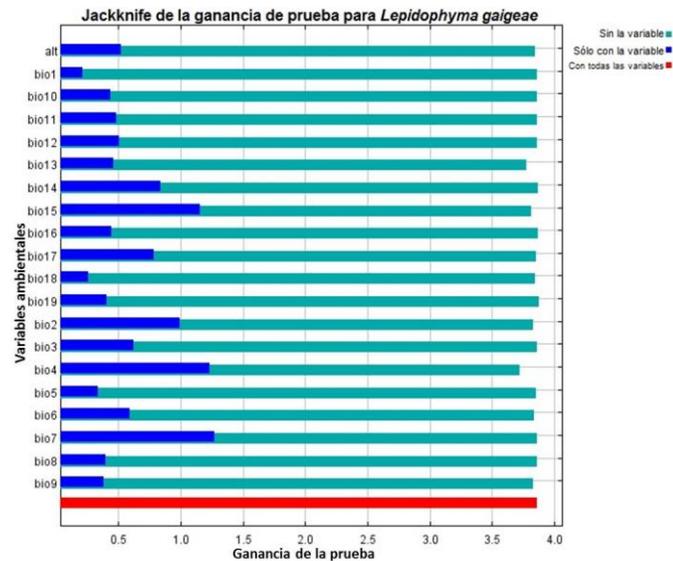


Figura 51. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *L. gaigeae*.

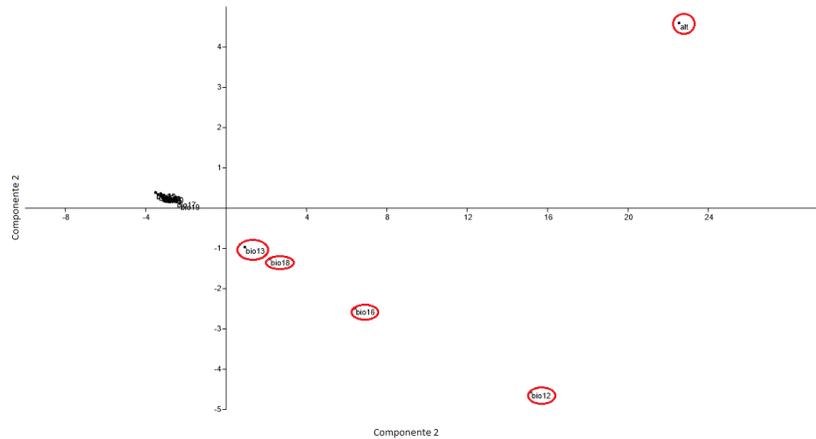


Figura 52. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *L. gaigeae*.

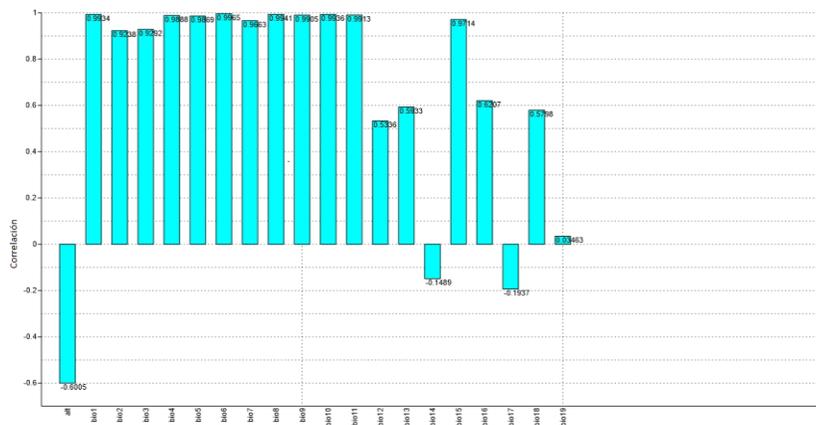


Figura 53. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *L. gaigeae*. El primer componente principal explicó el 66.22% de la varianza observada.

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para *L. gaigeae* (ver Figura 51) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 7, BIO 4, BIO 15, BIO 2, BIO 14, BIO 17, BIO 3 y BIO 6.

Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: BIO 18, BIO 12, ALT, BIO 13 y BIO 16 (ver Figura 52). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO 6, BIO 8, BIO 1, BIO 11, BIO 9, BIO 4, BIO 5, BIO 16, BIO 7, BIO 3 y BIO 2 (ver Figura 53). En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas que se emplearon fueron las siguientes:

**ANÁLISIS**

**VARIABLES INCLUIDAS**

PROYECTO JM042 “MODELAJE DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN RIESGO

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Ordenamiento de localidades en el CP1		BIO 6, BIO 8, BIO 1, BIO 11, BIO 9, BIO 4, BIO 5, BIO 16, BIO 7, BIO 3 y BIO 2
Análisis de Jackknife	Training gain	BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 2, BIO 14 y BIO 17
	AUC	BIO 7, BIO 4, BIO 15, BIO 2, BIO 14 y BIO 17
	Test gain	BIO 7, BIO 4, BIO 15, BIO 2, BIO 14, BIO 17, BIO 3 y BIO 6
Menos correlacionadas		BIO 18, BIO 12, ALT, BIO 13 y BIO 16

Se efectuaron siete combinaciones de variables (ver descripción en el Cuadro 21) cuyos modelos experimentales fueron corridos en MAXENT, los modelos promedio (*average*) resultantes fueron inspeccionados a efecto de seleccionar aquella combinación de variables que producían modelos aceptables, es decir que no tuvieran errores de omisión o comisión notorios en relación a las localidades de presencia conocidas y la distribución conocida o inferida.

**Cuadro 21. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.**

<b>MODELOS CONSTRUIDOS</b>	<b>VARIABLES INCLUIDAS</b>
Modelo 1. Incluye aquellas variables que mayor contribución tienen al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 6, BIO 8, BIO 1, BIO 11, BIO 9, BIO 4, BIO 5, BIO 16, BIO 7, BIO 3 y BIO 2
Modelo 2. Incluye las variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables más la Altitud.	BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 2, BIO 14 y BIO 17
Modelo 3. Incluye aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.99$ ) con otras variables.	BIO 18, BIO 12, ALT, BIO 13 y BIO 16
Modelo 4. Incluye aquellas variables con mayor contribución al ordenamiento en el CP1 que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.99$ ) con otras variable.	BIO 6, BIO 8, BIO 16, BIO 7 y BIO 3
Modelo 5. Incluye aquellas variables de mayor contribución al modelo experimental que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.99$ ) con otras variable.	BIO 4, BIO 2 y BIO 14
Modelo 6. Modelo menos restrictivo que incluye la suma de aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 6, BIO 8, BIO 16, BIO 7 y BIO 3) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 4, BIO 2 y BIO 14). La correlación entre BIO 8 y BIO 7 con BIO 4 resulto ser significativa, por lo que sólo se empleó BIO 4.	BIO 2, BIO 14, BIO 6, BIO 16 y BIO 4
Modelo 7. Modelo menos restrictivo que incluye aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el	BIO 2, BIO 14, BIO 6, BIO 16, BIO 8 y BIO 7.

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
primer componente principal CP1 (BIO 6, BIO 8, BIO 16, BIO 7 y BIO 3) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 4, BIO 2 y BIO 14). La correlación entre BIO 8 y BIO 7 con BIO 4 resultó ser significativa, por lo que se emplearon las variables BIO 8 y BIO 7 que no se encuentran correlacionadas entre ellas.	

De los siete modelos experimentales corridos fue seleccionada la combinación de variables incluida en el modelo 6, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobrepredicir la presencia de la especie (errores de comisión) en sitios donde no se ha registrado a la misma, como el oeste de Guanajuato y sur de San Luis Potosí (Figura 54) o excluye varias localidades confirmadas para la especie (Figura 55).

La construcción del modelo definitivo de *L. gaigeae* fue realizada con cinco variables bioclimáticas, las cuales fueron:

- BIO2 (Rango de temperatura media mensual °C)
- BIO4 (Temperatura estacional °C)
- BIO6 (Temperatura mínima promedio del mes más frío °C)
- BIO14 (Precipitación del mes más seco mm)
- BIO16 (Precipitación del trimestre más húmedo mm)

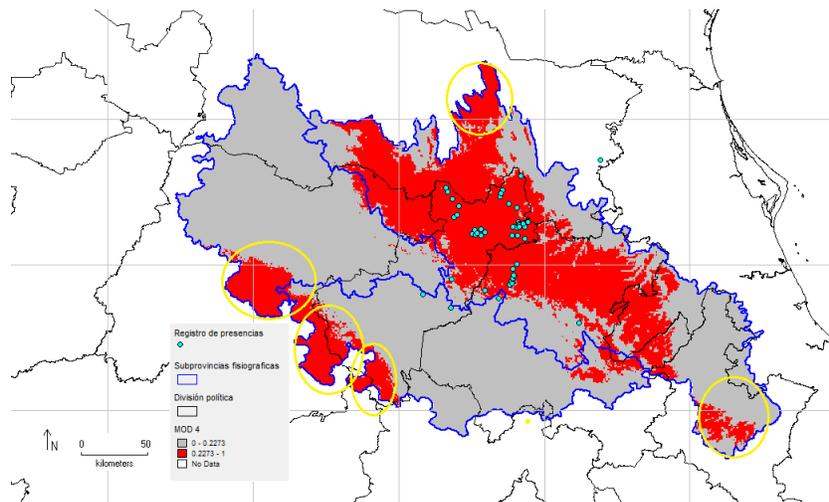


Figura 54. Áreas de presencia de *L. gaigeae* empleando el conjunto de variables del modelo 4 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredicir la presencia de la especie.

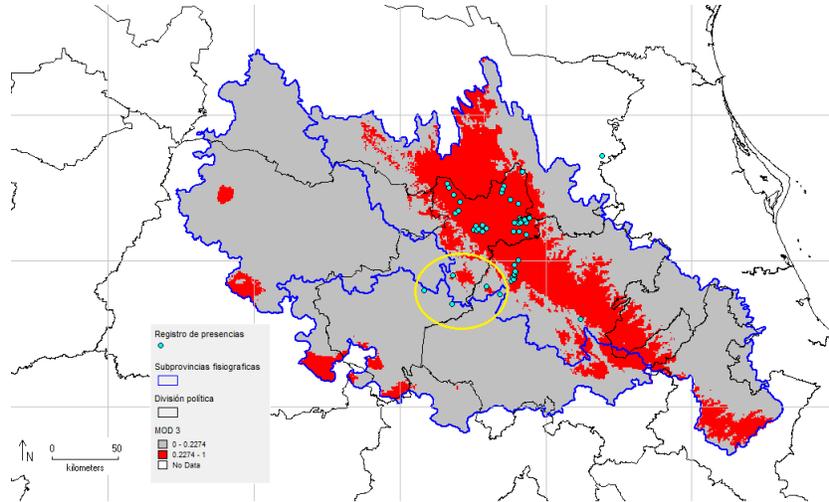


Figura 55. Áreas de presencia de *L. gaigeae* empleando el conjunto de variables del modelo 3 donde se observa que el modelo comete errores notorios de omisión, al excluir varias localidades de Hidalgo y Querétaro.

### 6.A.6 *Lepidophyma micropholis*

La ecología y requerimientos del hábitat de *L. micropholis* ha sido poco estudiada. Se consideraron todos los registros confirmados disponibles de la especie. Es una lagartija que habita en cuevas y grietas formadas por roca caliza, en bosque tropical caducifolio. Aparentemente es una especie troglodita facultativa (Bezy y Camarillo, 1984, 2002).

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para *L. micropholis* (ver Figura 56) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 3, BIO 8, Altitud, BIO 2 y BIO 10. Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: Altitud, BIO 14, BIO 17, BIO 13, BIO 6, BIO 5, BIO 15, BIO 18, BIO 2, BIO 3, BIO 4, BIO 7, BIO 8 y BIO 10 (ver Figura 57). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: Altitud, BIO 6, BIO 1, BIO 10, BIO 9, BIO 11 y BIO 5 (ver Figura 58).

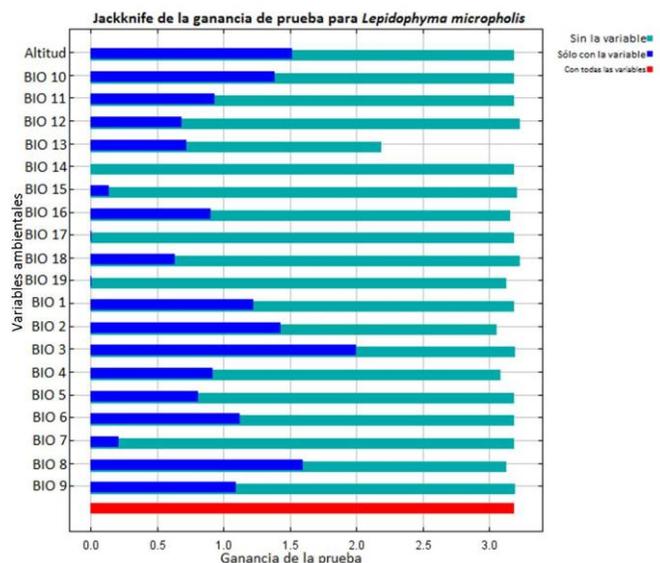


Figura 56. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *L. micropholis*.

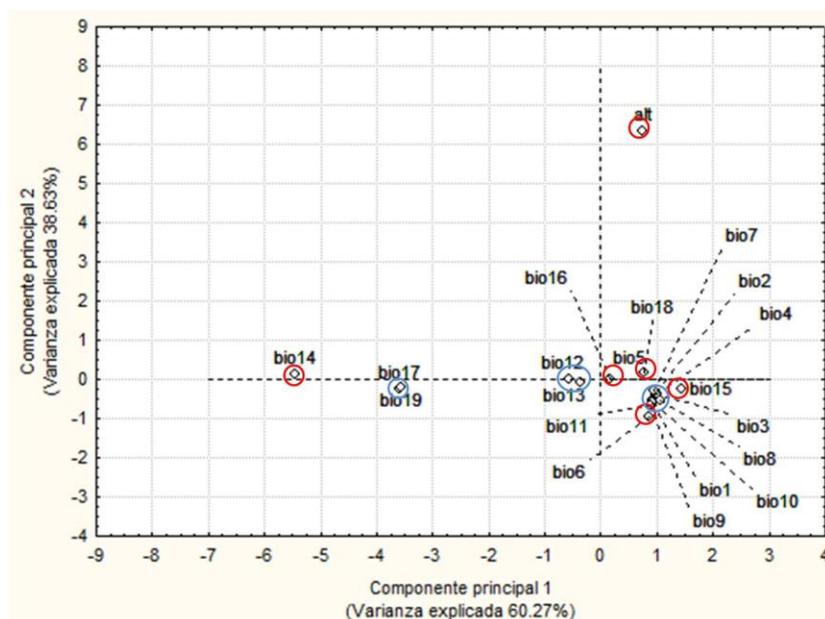


Figura 57. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *L. micropholis*.

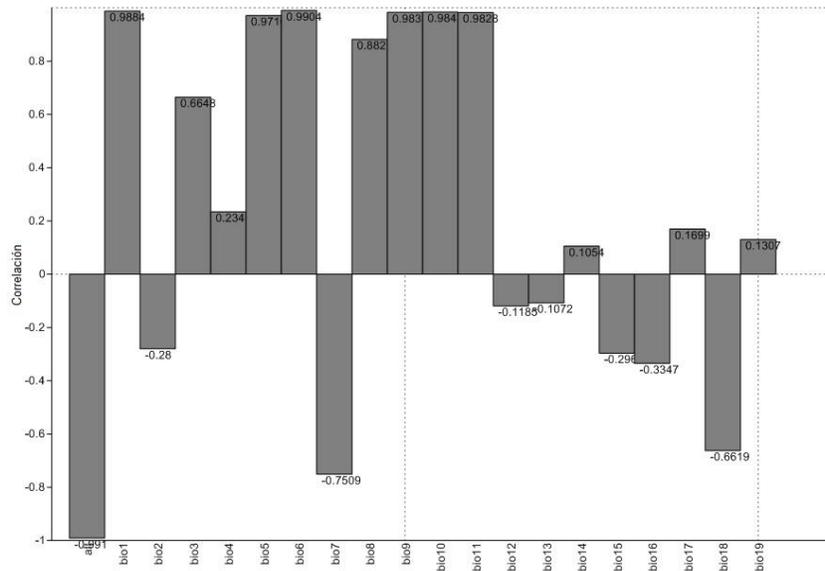


Figura 58. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *L. micropholis*. El primer componente principal explicó el 47.12% de la varianza observada.

Se corrieron 22 modelos experimentales en MAXENT donde se efectuaron combinaciones de las variables bioclimáticas empleadas según su contribución al ordenamiento de localidades en el CP1, su contribución a la construcción del modelo experimental con las 19 variables bioclimáticas y el grado de correlación con otras variables bioclimáticas. En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas que se emplearon fueron las siguientes:

**ANÁLISIS**

**VARIABLES INCLUIDAS**

Ordenamiento de localidades en el CP1		Altitud, BIO 6, BIO 1, BIO 10, BIO 9, BIO 11 y BIO 5
Análisis de <i>Jackknife</i>	<i>Training gain</i>	BIO 3, Altitud, BIO 2, BIO 8, BIO 10 y BIO 1
	AUC	BIO 3, BIO 8, BIO 2, Altitud, BIO 16 y BIO 10
	<i>Test gain</i>	BIO 3, BIO 8, Altitud, BIO 2 y BIO 10
Menor grado de correlación		Altitud, BIO 14, BIO 17, BIO 13, BIO 6, BIO 5, BIO 15, BIO 18, BIO 2, BIO 3, BIO 4, BIO 7, BIO 8 y BIO 10

Los modelos experimentales empleados se describen en el Cuadro 22.

**Cuadro 22. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.**

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluyó a las variables dentro del ACP con menor correlación con el resto de las variables	Altitud, BIO 5, BIO 6, BIO13, BIO14, BIO15 y BIO17
Modelo 2. Aquellas variables con mayor contribución al modelo	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8 y BIO 10

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
experimental que incluyó las 19 variables bioclimáticas.	
Modelo 3. Incluyó a las variables con mayor contribución al modelo experimental más una de las variables con mayor aporte al ordenamiento de las localidades en el CP1.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 10 y BIO 1
Modelo 4. Incluyó a las variables con mayor contribución al modelo experimental más una de las variables con mayor aporte al ordenamiento de las localidades en el CP1.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 10 y BIO 6
Modelo 5. Incluyó aquellas variables que se presentaron menos evidentes por su correlación relativamente baja dentro del ACP.	BIO 2, BIO 3, BIO 4, BIO 7, BIO 8 y BIO 10
Modelo 6. Incluyó una combinación de las variables con mayor contribución al modelo experimental.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 10 y BIO 16
Modelo 7. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 16 y BIO 18
Modelo 8. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 10 y BIO 13
Modelo 9. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 10 y BIO 15
Modelo 10. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 13 y BIO 15
Modelo 11. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 8, BIO 13 y BIO 16
Modelo 12. Incluyó una combinación entre las variables con menor grado de correlación y mayor contribución al modelo experimental.	Altitud, BIO 5, BIO 6, BIO 13, BIO 16 y BIO 18
Modelo 13. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 16 y BIO 18
Modelo 14. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 8, BIO 16 y BIO 18
Modelo 15. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 3, BIO 8, BIO 16 y BIO 18
Modelo 16. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 13, BIO 16 y BIO 18
Modelo 17. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 13 y BIO 18
Modelo 18. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de menor correlación al resto.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 13 y BIO 16
Modelo 19. Incluyó aquellas variables con mayor contribución al modelo experimental más evidentes dentro de los tres análisis de jackknife excluyendo la altitud.	BIO 2, BIO 3 y BIO 8
Modelo 20. Incluyó aquellas variables con mayor contribución al modelo experimental más evidentes dentro de los tres análisis de jackknife incluyendo la altitud.	Altitud, BIO 2, BIO 3, y BIO 8
Modelo 21. Incluyó variables de mediana contribución al modelo experimental pero que se presentaron dentro del ordenamiento de localidades en el CP1 como de mayor contribución.	BIO 6 y BIO 10

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 22. Incluyó una combinación entre las variables con mayor contribución al modelo experimental y variables de mayor contribución al ordenamiento de las localidades en el CP1.	Altitud, BIO 2, BIO 3, BIO 6, BIO 8 y BIO 10

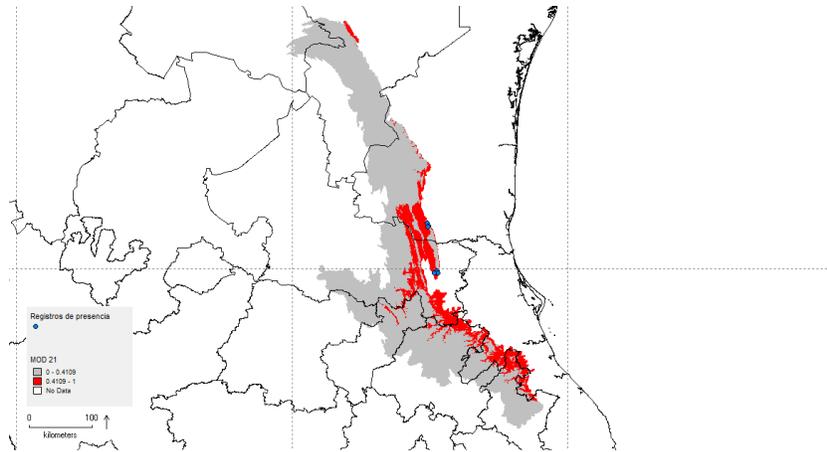


Figura 59. Áreas de presencia de *L. micropholis* empleando el conjunto de variables del modelo 21 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.

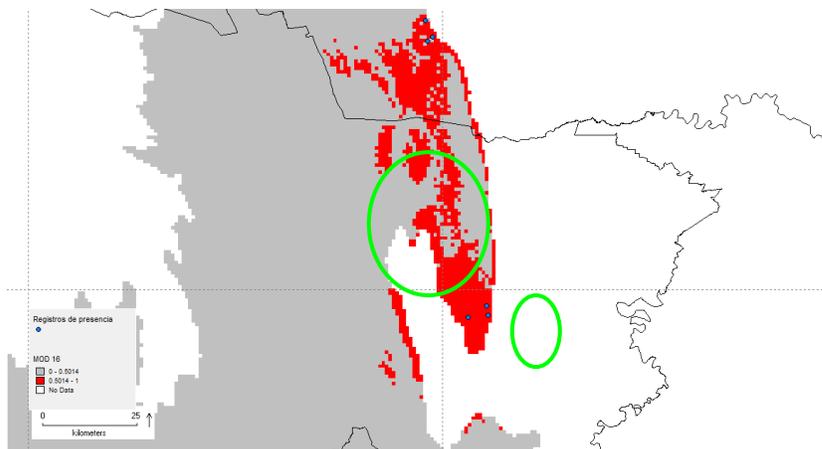


Figura 60. Áreas de presencia de *L. micropholis* empleando el conjunto de variables del modelo 16 donde se observan marcadas discontinuidades dentro del área de distribución predicha.

De los 22 modelos experimentales corridos fue seleccionada la combinación de variables incluida en el modelo 18, dado que se advirtió que los modelos 1 a 15, 17, y 19 a 22 tendieron a sobrepredecir en algún grado sobre áreas de características distintas a serranías (errores de comisión) (Figura 59), o bien el modelo 16 tiende a restringir las áreas de predicción llegando a importantes discontinuidades dentro del modelo de distribución (Figura 60), lo que sugiere un modelo sobreajustado a las localidades de presencia.

La construcción del modelo definitivo de *L. micropholis* fue realizada con cuatro variables bioclimáticas más la altitud, las cuales fueron:

PROYECTO JM042 "MODELAJE DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN RIESGO

BIO2 (Rango de temperatura media mensual °C)  
 BIO3 (Isotermalidad °C)  
 BIO13 (Precipitación del mes más húmedo mm)  
 BIO16 (Precipitación del trimestre más húmedo mm).

### 6.A.1 *Lepidophyma occulor*

La ecología y requerimientos del hábitat de *L. occulor* ha sido poco estudiada. Habita en grietas de piedras, bajo rocas de caliza en bosque tropical caducifolio (Bezy y Camarillo, 1984, 2002).

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para *L. occulor* (ver Figura 56) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 5, BIO 15, BIO 11, BIO 9, BIO 1, BIO 6, Altitud y BIO 10. Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: BIO 12, Altitud, BIO 16, BIO 18, BIO 13 y BIO 19 (ver Figura 57). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO 3, BIO 7, BIO 15 y BIO 2 (ver Figura 58).

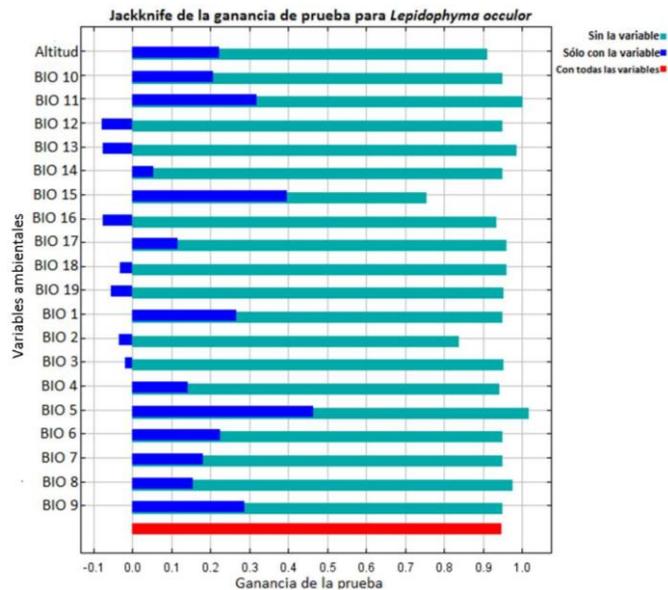


Figura 61. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *L. occulor*.

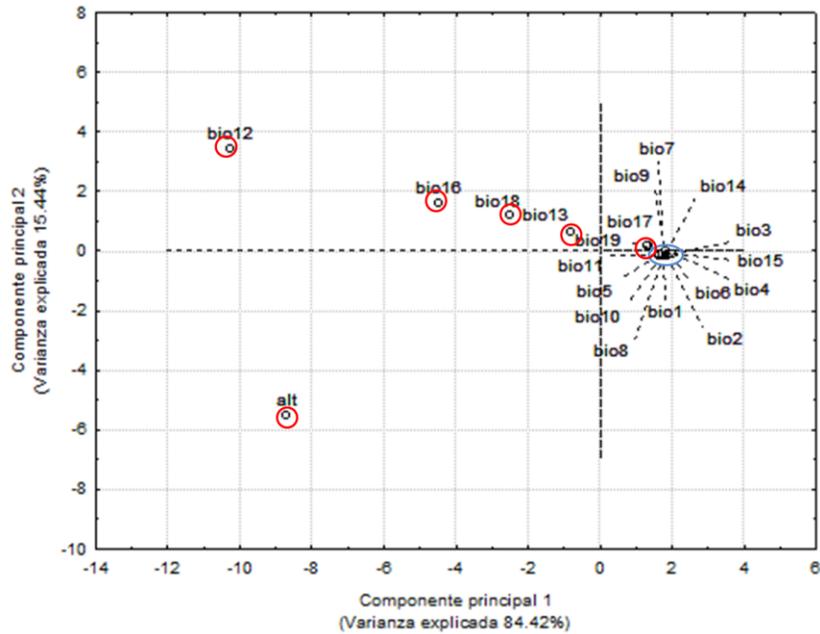


Figura 62. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *L. occulor*.

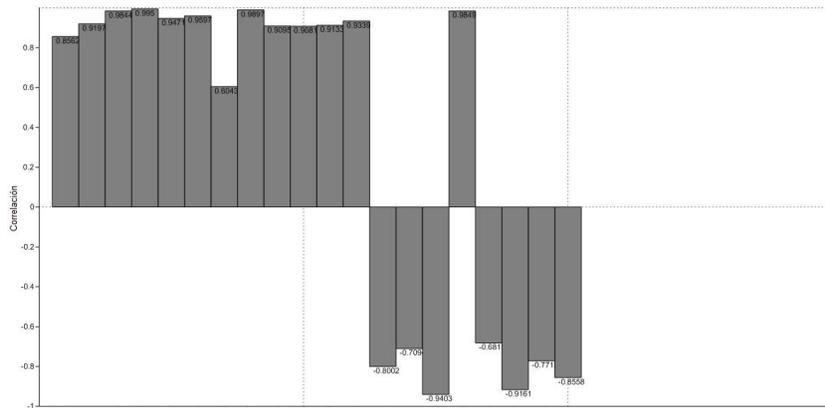


Figura 63. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *L. occulor*. El primer componente principal explicó el 78.44% de la varianza observada.

Considerando la información anterior, se corrieron siete modelos experimentales en MAXENT donde se efectuaron combinaciones de las variables bioclimáticas empleadas según su contribución al ordenamiento de localidades en el CP1, su contribución a la construcción del modelo experimental con las 19 variables bioclimáticas y el grado de correlación con otras variables bioclimáticas.

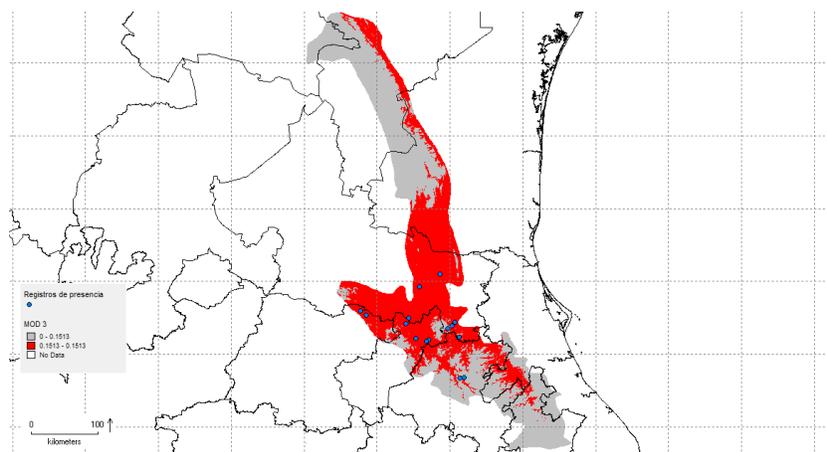
En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas que se emplearon fueron las siguientes:

ANÁLISIS		VARIABLES INCLUIDAS
Ordenamiento de localidades en el CP1		BIO 3, BIO 7, BIO 15 y BIO 2
Análisis de <i>Jackknife</i>	<i>Training gain</i> <i>AUC</i>	BIO 5, BIO 11, BIO 15, BIO 9, BIO 1, Altitud, BIO 10 y BIO 6 BIO 5, BIO 15, BIO 11, BIO 9, BIO 1, BIO 10, BIO 7, BIO 4, BIO 6 y BIO 8
	<i>Test gain</i>	BIO 5, BIO 15, BIO 11, BIO 9, BIO 1, BIO 6, Altitud y BIO 10
Menor grado de correlación		BIO 12, Altitud, BIO 16, BIO 18, BIO 13 y BIO 19

Los modelos experimentales empleados se describen en el Cuadro 23.

**Cuadro 23. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.**

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluyó las variables con menor grado de correlación en el ACP con el resto de las variables.	Altitud, BIO 12, BIO 13, BIO 16, BIO 18 y BIO 19
Modelo 2. Incluyó las variables con menor grado de correlación más variables con mayor contribución al modelo experimental construido con las 19 variables incluyendo la BIO 14 que dentro de las variables precipitación tuvo una buena contribución.	Altitud, BIO 1, BIO 6, BIO 7, BIO 12, BIO 13, BIO 14, BIO 15, BIO 16, BIO 18 y BIO 19
Modelo 3. Incluyó aquellas variables con mayor contribución al modelo experimental y al CP1 así como variables de correlación baja al resto.	Altitud, BIO 1, BIO 5, BIO 7, BIO 8, BIO 10, BIO 11 y BIO 15
Modelo 4. Incluye la variable BIO 5 que dentro del modelo experimental fue la de mayor contribución, más variables de mayor contribución al CP1.	BIO 5, BIO 7 y BIO 15
Modelo 5. Incluye la Altitud, la variable BIO 5 que dentro del modelo experimental fue la de mayor contribución, más variables de mayor contribución al CP1.	Altitud, BIO 5, BIO 7 y BIO 15
Modelo 6. Incluyó variables con buena contribución al modelo experimental construido con las 19 variables.	Altitud, BIO 4, BIO 5, BIO 7, BIO 10 y BIO 15
Modelo 7. Incluyó variables con buena contribución al modelo experimental construido con las 19 variables.	Altitud, BIO 1, BIO 5, BIO 7, BIO 10 y BIO 15



**Figura 64. Áreas de presencia de *L. occulor* empleando el conjunto de variables del modelo 3 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.**

De los siete modelos experimentales corridos fue seleccionada la combinación de variables incluida en el modelo 6, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobrepredecir la presencia de la especie sobre áreas continuas al norte y sur de M en áreas donde definitivamente no se ha registrado la especie (Figura 78).

La construcción del modelo definitivo de *L. occulor* fue realizada con cinco variables bioclimáticas más la altitud, las cuales fueron:

- BIO4 (Temperatura estacional °C)
- BIO5 (Temperatura máxima promedio del mes más cálido °C)
- BIO7 (Rango de temperatura anual °C)
- BIO10 (Temperatura media del trimestre más cálido °C)
- BIO15 (Estacionalidad de la precipitación mm)

### 6.A.2 *Lepidophyma sylvaticum*

La ecología y requerimientos del hábitat de *L. sylvaticum* ha sido poco estudiada. Esta especie habita en climas templado húmedo con lluvias todo el año y templado húmedo con lluvias en verano, en altitudes de 310 a 2000 msnm, en bosque mesófilo, bosque tropical perennifolio y bosque de coníferas. Igual que otras especies del género habita en cuevas, afloramientos rocosos, grietas, al pie de árboles vivos y troncos podridos (Ramírez-Bautista *et al.* 2004).

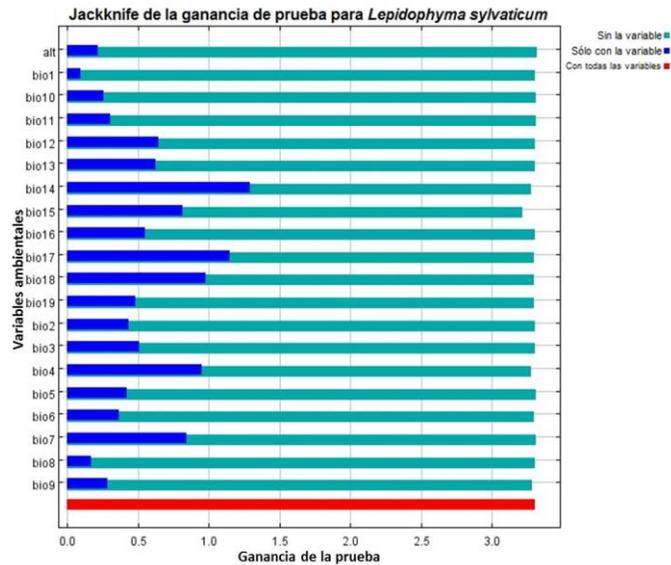


Figura 65. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *L. sylvaticum*.

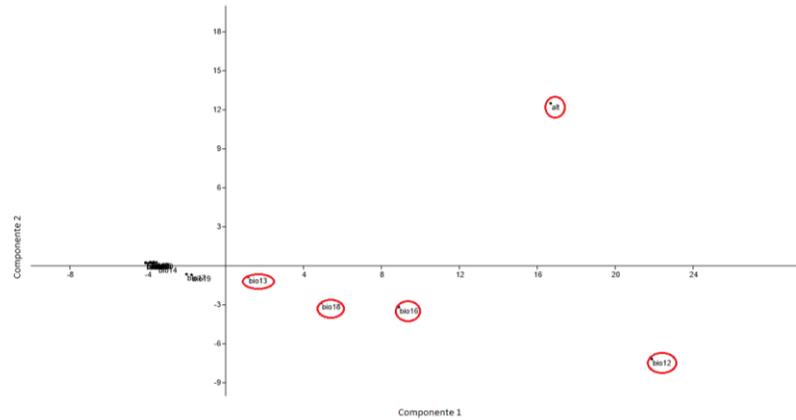


Figura 66. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *L. sylvaticum*.

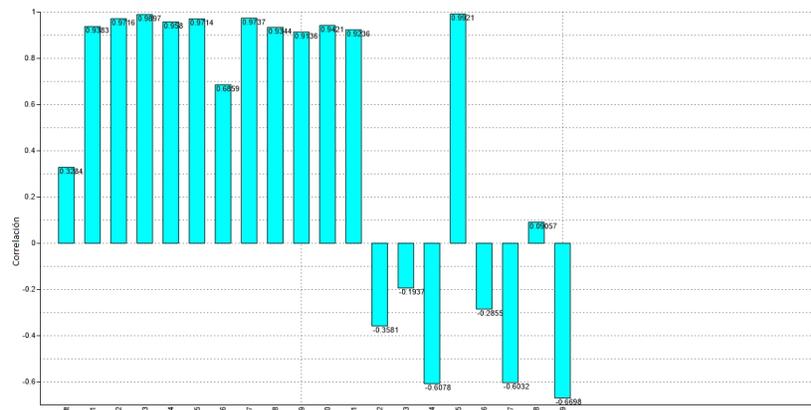


Figura 67. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *L. sylvaticum*. El primer componente principal explicó el 60.31% de la varianza observada.

El análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT para esta especie (ver Figura 65) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 14, BIO 17, BIO 18, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 12, BIO 13 y BIO 16.

Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: BIO 18, BIO 19, ALT, BIO 6, BIO 12, BIO 13, BIO 16 y BIO 2 (ver Figura 57). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO 15, BIO 3, BIO 7, BIO 2, BIO 5, BIO 4, BIO 10, BIO 1, BIO 8, BIO 11 y BIO 9 (ver Figura 67).

Se corrieron 11 modelos experimentales en MAXENT donde se efectuaron combinaciones de las variables bioclimáticas empleadas según su contribución al ordenamiento de localidades en el CP1, su contribución a la construcción del modelo

experimental con las 19 variables bioclimáticas y el grado de correlación con otras variables bioclimáticas.

En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas que se emplearon fueron las siguientes:

ANÁLISIS		VARIABLES INCLUIDAS
Ordenamiento de localidades en el CP1		BIO 15, BIO 3, BIO 7, BIO 2, BIO 5, BIO 4, BIO 10, BIO 1, BIO 8, BIO 11 y BIO 9
Análisis de Jackknife	Training gain	BIO 14, BIO 17, BIO 18, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 12, BIO 13, y BIO 16
	AUC	BIO 14, BIO 17, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 18, BIO 12, BIO 13, BIO 3, BIO 16 y BIO 19
	Test gain	BIO 14, BIO 17, BIO 18, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 12, BIO 13 y BIO 16
Variables no correlacionadas		BIO 18, BIO 19, ALT, BIO 6, BIO 12, BIO 13, BIO 16 y BIO 2

Los modelos experimentales empleados se describen en el Cuadro 24.

**Cuadro 24. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.**

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluye aquellas variables con mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 15, BIO 3, BIO 7, BIO 2, BIO 5, BIO 4, BIO 10, BIO 1, BIO 8, BIO 11 y BIO 9
Modelo 2. Incluye las variables con mayor contribución al modelo experimental construido con las 19 variables bioclimáticas más la Altitud.	BIO 14, BIO 17, BIO 18, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 12, BIO 13 y BIO 16.
Modelo 3. Incluye aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.9$ ) con otra variable. Se seleccionó la variable ALT que está correlacionada con BIO 12, la cual se eliminó.	BIO 18, BIO 19, BIO 6, ALT, BIO 13, y BIO 2
Modelo 4. Incluye aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.9$ ) con otra variable.. Se seleccionó la variable BIO 12 que está correlacionada con la variable ALT la cual se eliminó.	BIO 18, BIO 19, BIO 6, BIO 12, BIO 13 y BIO 2
Modelo 5. Modelo menos restrictivo que incluye variables cuya correlación es significativa si $r > 0.99$ . Incluye aquellas variables de mayor contribución al modelo experimental que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.99$ ) entre ellas.	BIO 14, BIO 18, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 12, BIO 13 y BIO 16.
Modelo 6. Incluye aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de las localidades de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 15, BIO 3,	BIO 15, BIO 9, BIO 14, BIO 18, BIO 12 y BIO 13

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
BIO 7, BIO 2, BIO 5, BIO 4, BIO 1 y BIO 9) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 14, BIO 18, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 12, BIO 13 y BIO 16.).	
Modelo 7. Incluye la suma de aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 15 y BIO 9) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 14, BIO 18, BIO 4, BIO 12 y BIO 13).	BIO 15, BIO 9, BIO 14, BIO 18, BIO 4, BIO 12 y BIO 13
Modelo 8. Incluye la suma de aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 15 y BIO 9) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.9$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 14, BIO 18, BIO 4, BIO 12 y BIO 13).	BIO 15, BIO 9, BIO 14, BIO 18 y BIO 12
Modelo 9. Incluye la suma de aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 (BIO 15, BIO 3, BIO 7, BIO 2, BIO 5, BIO 4, BIO 1 y BIO 9) y aquellas variables sin correlación significativa ( $r < 0.99$ ) que mayor contribución tuvieron al modelo experimental (BIO 14, BIO 18, BIO 4, BIO 7, BIO 15, BIO 12, BIO 13 y BIO 16.).	BIO 15, BIO 3, BIO 7, BIO 2, BIO 5, BIO 4, BIO 1, BIO 9, BIO 14, BIO 18, BIO 12, BIO 13 y BIO 16
Modelo 10. Incluye aquellas variables de mayor contribución al ordenamiento en el CP1 que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.99$ ) entre ellas.	BIO 15, BIO 3, BIO 7, BIO 2, BIO 5, BIO 4, BIO 1 y BIO 9
Modelo 11. Modelo más restrictivo en donde la correlación es significativa si $r > 0.9$ . Incluye aquellas variables de mayor contribución al modelo experimental que se detectaron como no correlacionadas significativamente ( $r < 0.9$ ) con ninguna otra variable.	BIO 14, BIO 18, BIO 4, BIO 12 y BIO 13

De los 11 modelos experimentales corridos fue seleccionada la combinación de variables incluida en el modelo 7, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobrepredecir la presencia de la especie (errores de comisión) en sitios donde definitivamente no se ha registrado a la misma (Figura 68) o presentaron una distribución discontinua a lo largo de la M seleccionada (Figura 69).

BIO9 (Temperatura media del trimestre más seco °C)

BIO12 (Precipitación anual mm)

BIO13 (Precipitación del mes más húmedo)

BIO14 (Precipitación del mes más seco mm)

BIO15 (Precipitación estacional mm)

BIO18 (Precipitación del trimestre más cálido mm)

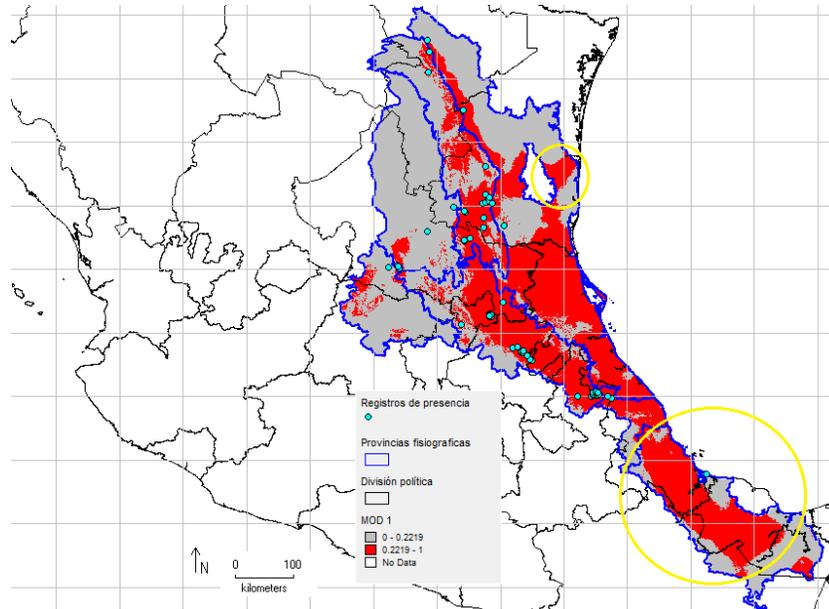


Figura 68. Áreas de presencia de *L. sylvaticum* empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.

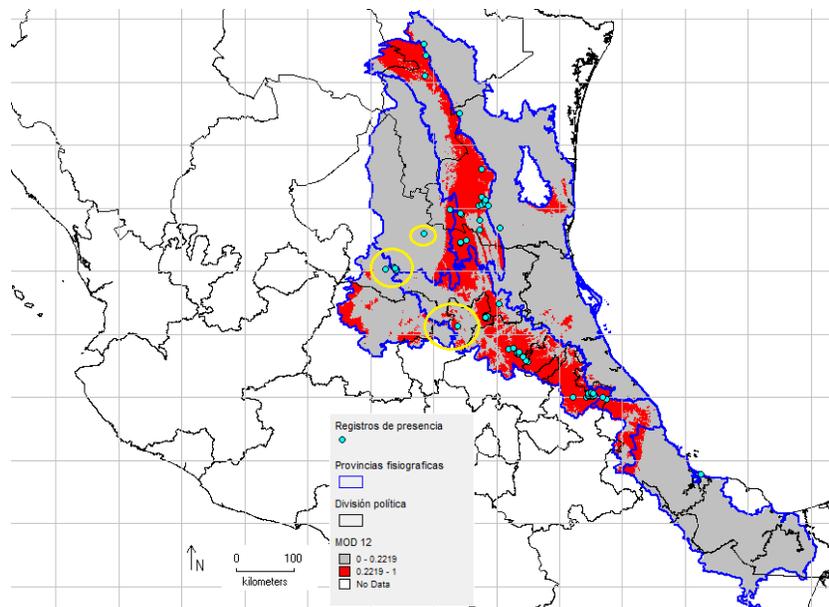


Figura 69. Áreas de presencia de *L. sylvaticum* empleando el conjunto de variables del modelo 12 donde se observa una distribución discontinua a lo largo de la provincia fisiográfica Carso Huasteco, lo cual indica un sobreajuste a las localidades de presencia.

### 6.A.3 *Micrurus laticollaris*

Al igual que el resto de especies incluidas en el presente informe, la ecología y requerimientos del hábitat de *M. laticollaris* (Campbell y Lamar, 2004) ha sido poco estudiada, por tanto, se incluyeron todas las localidades plenamente confirmadas de la especie. El análisis de las gráficas de *Jackknife* obtenidas en modelos experimentales

corridos con MAXENT (ver Figura 56) mostró que las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: BIO 12, BIO 13, BIO 16 y BIO 19.

Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: Altitud, BIO 3, BIO 4, BIO 5, BIO 6, BIO 14, BIO 17, BIO 18 y BIO 19 (ver Figura 70). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: BIO 1, BIO 6, BIO 8, BIO 9, BIO 10 y BIO 11 (ver Figura 71).

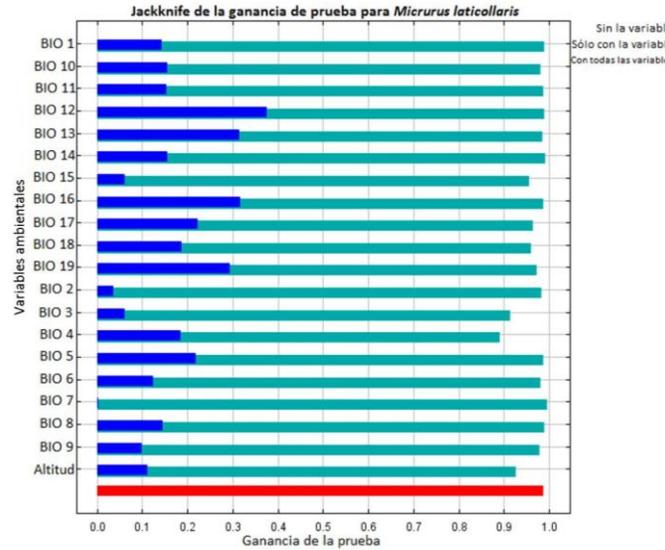


Figura 70. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de prueba del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *M. laticollaris*.

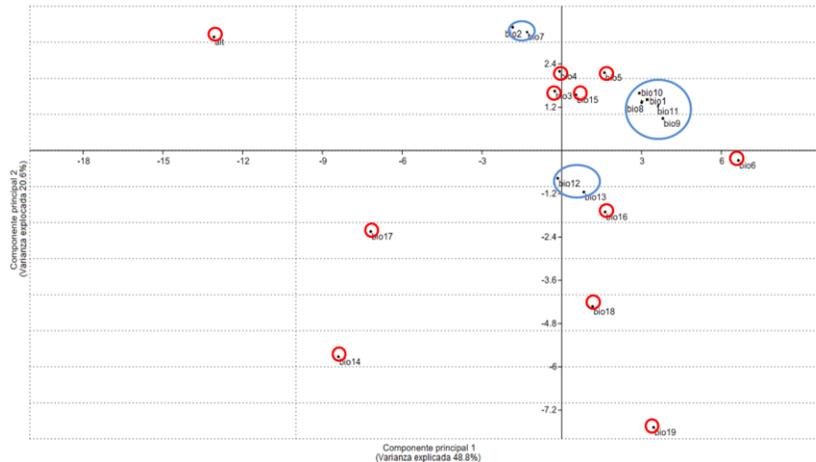


Figura 71. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *M. laticollaris*.

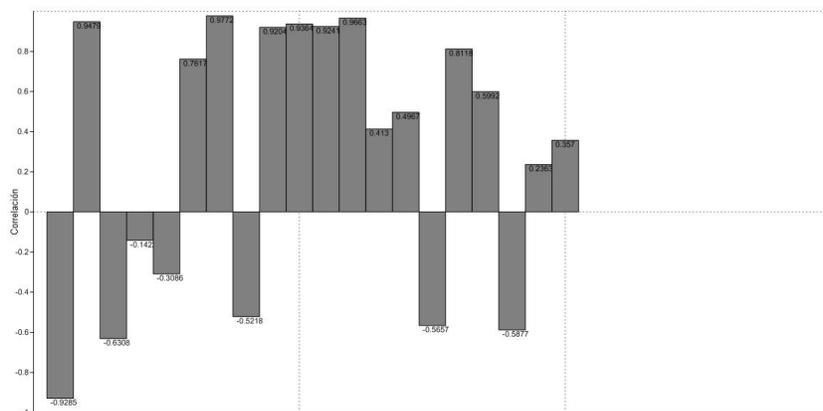


Figura 72. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *M. latcollaris*. El primer componente principal explicó el 49.4% de la varianza.

Se corrieron siete modelos experimentales en MAXENT donde se efectuaron combinaciones de las variables bioclimáticas empleadas según su contribución al ordenamiento de localidades en el CP1, su contribución a la construcción del modelo experimental con las 19 variables bioclimáticas y el grado de correlación con otras variables bioclimáticas.

En orden de mayor a menor contribución y de menor grado de correlación, las variables bioclimáticas que se emplearon fueron las siguientes:

**ANÁLISIS**

**VARIABLES INCLUIDAS**

Ordenamiento de localidades en el CP1	BIO 6, BIO 11, BIO 1, BIO 9, BIO 10 y BIO 8
Análisis de Jackknife	Training gain
	AUC
	Test gain
Menor grado de correlación	Altitud, BIO 17, BIO 14, BIO 19, BIO 18, BIO 6, BIO 4, BIO 3 y BIO 5

Los modelos experimentales empleados se describen en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Incluye aquellas variables que mayor contribución tienen al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1.	BIO 1, BIO 6, BIO 8, BIO 9, BIO 10 y BIO 11
Modelo 2. Incluye aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas con ninguna otra variable.	Altitud, BIO 3, BIO 4, BIO 5, BIO 6, BIO 14, BIO 17, BIO 18 y BIO 19
Modelo 3. Incluye a las variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental	BIO 12, BIO 13, BIO 16 y BIO 19

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
construido con las 19 variables.	
Modelo 4. Incluye a las variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables más la Altitud.	Altitud, BIO 12, BIO 13, BIO 16 y BIO 19
Modelo 5. Incluye una combinación entre las variables no correlacionadas que más aporte tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 y aquellas variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables, considerando que las variables de mayor aporte al modelo experimental BIO 12, BIO 13 y BIO 16 se encuentran estrechamente correlacionadas.	BIO 6, BIO 11, BIO 12 y BIO 19
Modelo 6. Incluye una combinación entre las variables no correlacionadas que más aporte tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 y aquellas variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables, considerando que las variables de mayor aporte al modelo experimental BIO 12, BIO 13 y BIO 16 se encuentran estrechamente correlacionadas.	BIO 6, BIO 11, BIO 13 y BIO 19
Modelo 7. Incluye una combinación entre las variables no correlacionadas que más aporte tuvieron al ordenamiento de los registros de presencia en el primer componente principal CP1 y aquellas variables que mayor contribución tuvieron al modelo experimental construido con las 19 variables, considerando que las variables de mayor aporte al modelo experimental BIO 12, BIO 13 y BIO 16 se encuentran estrechamente correlacionadas.	BIO 6, BIO 11, BIO 16 y BIO 19

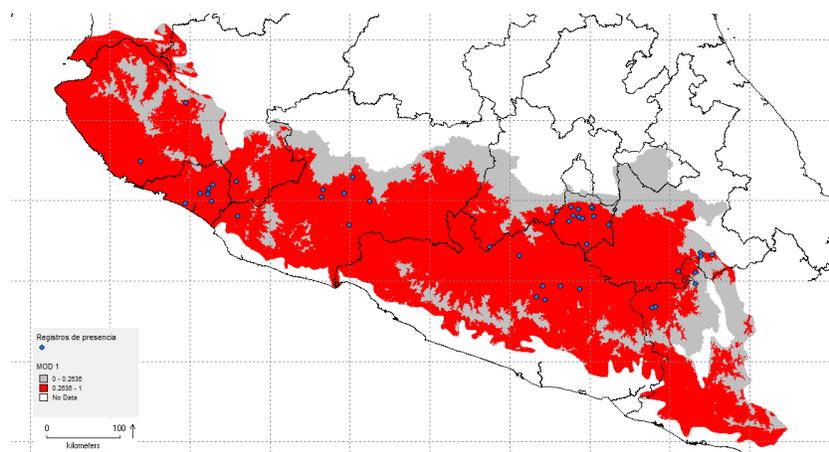


Figura 73. Áreas de presencia de *M. laticollaris* empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.

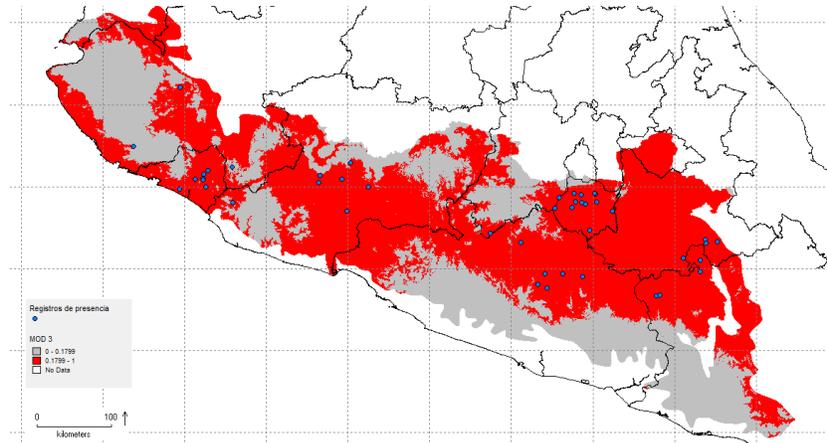


Figura 74. Áreas de presencia de *M. laticollaris* empleando el conjunto de variables del modelo 3 donde se observa una tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.

Se seleccionó la combinación de variables incluida en el modelo 6, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a sobrepredecir la presencia de la especie sobre áreas costeras (errores de comisión) y de diferentes características a cuencas en donde definitivamente no se ha registrado a la misma (Figura 73 y Figura 74).

La construcción del modelo definitivo de *M. laticollaris* fue realizada con cinco variables bioclimáticas las cuales fueron:

- BIO6 (Temperatura mínima del mes más frío °C)
- BIO11 (Temperatura media del trimestre más frío °C)
- BIO13 (Precipitación del mes más húmedo mm)
- BIO19 (Precipitación del trimestre más frío mm)

#### **6.A.4 *Crotalus transversus***

La ecología y requerimientos del hábitat de *C. transversus* ha sido poco estudiada (Armstrong y Murphy, 1975; Campbell y Camarillo, 2002; Campbell y Lamar, 2004). El único requerimiento de hábitat claro para la especie es la altitud, ya se trata de una cascabel de alta montaña que habita en altitudes entre 3000 y 3600 m (Bryson *et al.* 2011).

De acuerdo con el análisis de las gráficas de Jackknife obtenidas en modelos experimentales corridos con MAXENT (ver Figura 75), las variables con mayor contribución a la construcción del modelo fueron: Altitud, BIO1, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10 y BIO11.

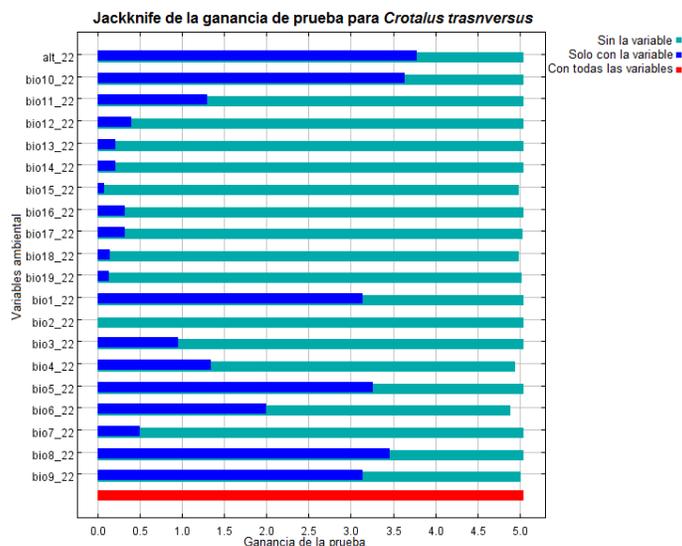


Figura 75. Resultado de la prueba de Jackknife para estimar las variables más importantes en la corrida de entrenamiento del modelo de distribución experimental con las 19 variables bioclimáticas para *C. transversus*.

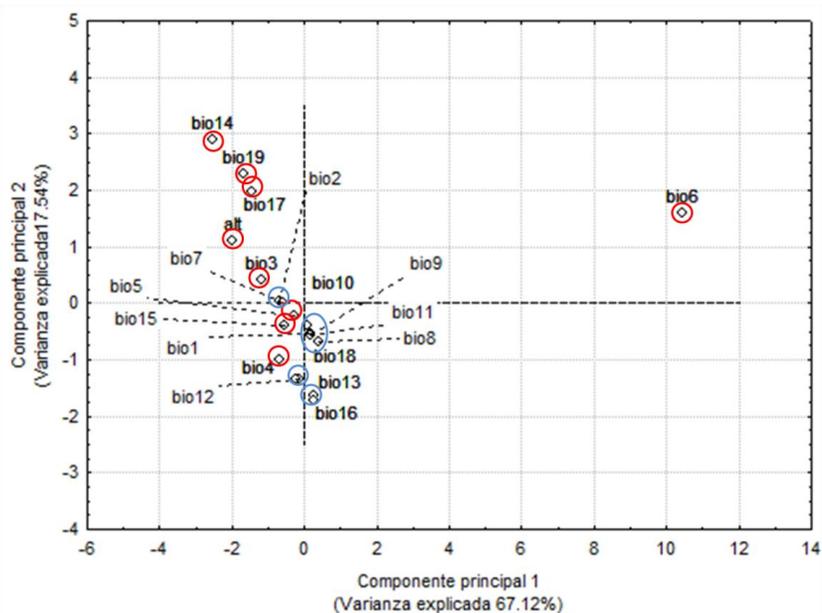


Figura 76. Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las 19 variables bioclimáticas (Worldclim), en donde se observan las variables bioclimáticas menos correlacionada en círculos rojos y las variables climáticas altamente correlacionadas en círculos azules para *C. transversus*.

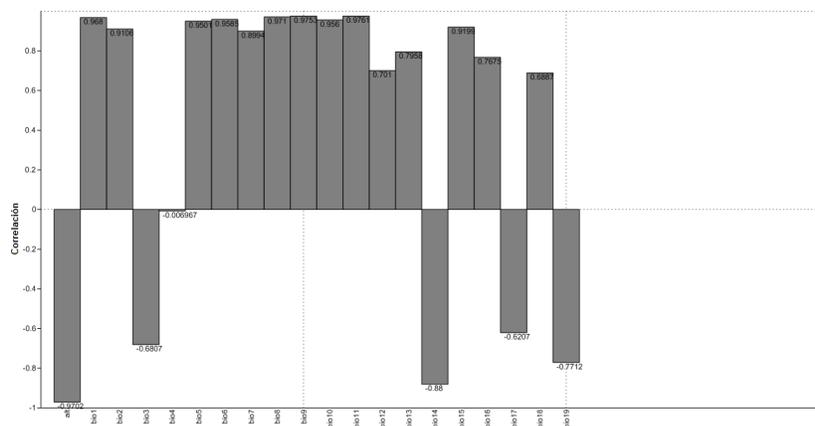


Figura 77. Contribución de cada una de las 19 variables bioclimáticas al CP1 que explica el ordenamiento de las localidades de presencia de *C. transversus*. El primer componente principal explicó el 71.75% de la varianza observada.

Las variables bioclimáticas no correlacionadas entre sí fueron: Altitud, BIO3, BIO4, BIO5, BIO6, BIO14, BIO17, BIO19 (ver Figura 76). Las variables bioclimáticas con mayor contribución al Componente Principal 1 (CP1) fueron: Altitud, BIO1, BIO2, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10, BIO11 y BIO15 (ver Figura 77).

Considerando la información anterior, se procedió a efectuar combinaciones entre las variables bioclimáticas, corriendo seis modelos exploratorios a efecto de identificar aquellos conjuntos de variables que generaban modelos con menores errores de omisión y comisión. Las combinaciones de variables empleadas para la selección de las variables bioclimáticas definitivas se indican en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Modelos experimentales empleados para la selección de las variables bioclimáticas definitivas.

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
Modelo 1. Aquellas variables bioclimáticas con la mayor contribución a la construcción de un modelo experimental que incluía las 19 variables bioclimáticas	Altitud, BIO1, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10 y BIO11.
Modelo 2. Incluyó a las variables con mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el CP1.	Altitud, BIO1, BIO2, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10, BIO11 y BIO15.
Modelo 3. Incluyó a aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas con ninguna otra variable.	Altitud, BIO3, BIO4, BIO5, BIO6, BIO14, BIO17, BIO19
Modelo 4. Combinó las variables con mayor contribución a la construcción del modelo experimental con las 19 variables bioclimáticas y las variables con mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el CP1.	Altitud, BIO1, BIO5, BIO6, BIO8, BIO9, BIO10 Y BIO 11.
Modelo 5. Se combinaron variables de temperatura y precipitación con la mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el CP1.	Altitud, BIO3, BIO4, BIO5, BIO8, BIO11, BIO14, BIO17, BIO19
Modelo 6. Se combinaron aquellas variables que en el ACP se detectaron como no correlacionadas con ninguna otra variable, que además tuvieron mayor contribución al ordenamiento de los registros de presencia en el CP1 y	Altitud, BIO3, BIO4, BIO5, BIO14, BIO17 y BIO19

MODELOS CONSTRUIDOS	VARIABLES INCLUIDAS
que también tuvieran la mayor contribución a la construcción de un modelo experimental que incluía las 19 variables bioclimáticas	

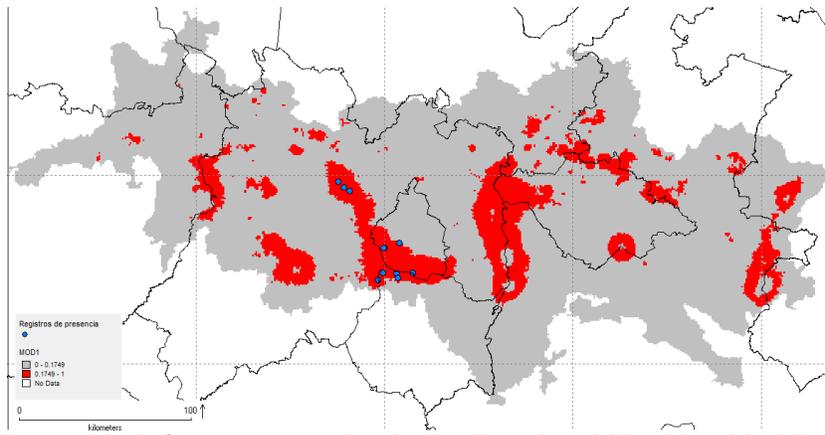


Figura 78. Áreas de presencia de *C. transversus* empleando el conjunto de variables del modelo 1 donde se observa una notoria tendencia a sobrepredecir la presencia de la especie.

Se seleccionó la combinación de variables incluida en el modelo 6, dado que se advirtió que el resto de modelos tendían a cometer errores de comisión, al sobrepredecir la presencia de la especie en sitios donde definitivamente no se ha registrado a la misma (Figura 78) o bien presentaban errores de omisión donde se excluían una o varias localidades de presencia confirmadas para la especie (Figura 79).

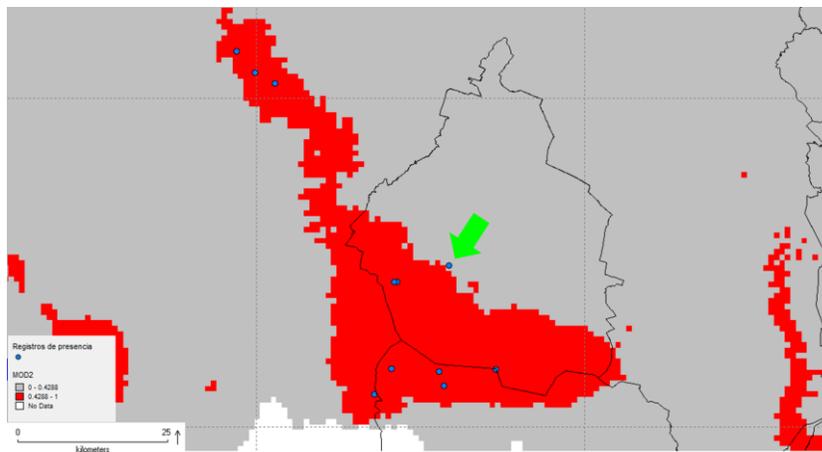


Figura 79. Áreas de presencia de *C. transversus* empleando el conjunto de variables del modelo 2 donde se observa errores de omisión, al no predecir la localidad señalada con la flecha.

La construcción del modelo definitivo de *C. transversus* fue realizada con ocho variables bioclimáticas más la altitud, las cuales fueron:

- BIO3 (Isotermalidad °C)
- BIO4 (Estacionalidad de la temperatura °C)
- BIO5 (Temperatura máxima promedio del mes más cálido °C)
- BIO6 (Temperatura mínima promedio del mes más frío)

BIO14 (Precipitación del mes más seco mm)  
BIO15 (Estacionalidad de la precipitación mm)  
BIO17 (Precipitación del trimestre más seco mm)  
BIO19 (Precipitación del trimestre más frío mm), Altitud (msnm).

## **7 Método de modelación**

Los algoritmos empleados para evaluar la distribución potencial de las especies de anfibios y reptiles seleccionadas fueron MAXENT y GARP, los cuales utilizan exclusivamente datos de presencia.

MAXENT (Phillips *et al.*, 2004, 2006) es un novedoso algoritmo basado en inteligencia artificial que aplica el principio de máxima entropía en la obtención de la distribución geográfica más probable para una especie. En esencia, este algoritmo estima una probabilidad de distribución destino por medio de encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía (la más extendida o más cercana a ser uniforme) sujeta a una serie de restricciones ambientales.

MAXENT expresa la probabilidad de distribución de una especie como una función de las variables ambientales (Phillips *et al.* 2006). Los modelos generados producen predicciones en forma de números reales entre 0 y 100, los cuales representan probabilidades acumuladas de ocurrencia. Este algoritmo ha demostrado generar predicciones más adecuadas del área de distribución potencial en comparación con otros algoritmos debido a que solo requiere de datos de presencia, puede emplear datos continuos y categóricos, evita el sobreajuste y el resultado es continuo, permitiendo distinguir sutiles cambios en la adecuación modelada para cada especie en distintas áreas. (Elith *et al.* 2006; Hernández *et al.* 2006; Phillips *et al.* 2006).

Dicho algoritmo ha sido empleado con éxito para predecir la distribución potencial de especies microendémicas en riesgo de extinción. Pearson *et al.* (2007) predice distribuciones potenciales de 13 especies de geckos (*Uroplatus sp.*) de Madagascar empleando entre 4 y 23 registros de presencia. Kumar y Stohlgren (2009) utilizan dicho algoritmo con una especie de árbol en peligro de extinción (*Canacomyrica monticola*) en Nueva Caledonia basados únicamente en 11 localidades de presencia. Thorn *et al.*, (2009) hacen lo propio para evaluar los peligros y ajustes en las prioridades de conservación de una especie de primate del género (*Nycticebus sp.*).

GARP (*Genetic Algorithm for Rule-set Prediction*) es un algoritmo genético que representa las condiciones ambientales donde la especie sería capaz de mantener su población. Este algoritmo trata, de forma interativa, encontrar las correlaciones entre las presencias y ausencias de la especie con los parámetros ambientales, utilizando una

serie de reglas diferentes (Stockwell y Noble, 1992, Stockwell y Peters, 1999). Cada tipo de regla implementa un método diferente para construir los modelos de predicción de la especie. Actualmente hay cuatro tipos de reglas implementadas: atómica, regresión logística, envoltura bioclimática y negación de la envoltura bioclimática (Stockwell y Peters, 1999).

## **8 Parámetros utilizados en la modelación**

### **8.A Técnica de construcción del modelo**

#### **8.A.1 Especies con menos de 25 localidades de presencia**

La técnica de partición de datos para cinco especies incluidas en el presente informe (*Chiropetrotriton multidentatus*, *Crotalus transversus*, *Lepidophyma micropholis*, *L. occulor* y *Lithobates johni*) fue basada en la metodología de Pearson *et al.* (2007), quien propone que para especies con menos de 25 localidades, se implemente un procedimiento de Jackknife (también conocido como *leave-one-out*) en donde cada localidad de presencia es removida una vez del conjunto de localidades de presencia disponibles para la especie.

Para una especie con  $n$  localidades de presencia se construyen  $n$  modelos separados, cada modelo es construido con  $n-1$  localidades de presencia. El desempeño predictivo de los modelos obtenidos para una especie en particular es evaluado basándose en la habilidad de cada modelo individual para predecir la localidad de presencia excluida del conjunto de localidades empleadas para construir los modelos o *training data*.

En la construcción de los modelos con MAXENT se empleó la opción *Crossvalidate* y el número de replicas fue igual a  $n$  localidades de presencia disponibles. Los modelos fueron corridos seleccionando las opciones (*features*) *linear* y *quadratic* como es recomendado por Phillips *et al.* (2004). Se seleccionó la opción *Jackknife to measure variable importance* para construir curvas de respuesta que ponderaran la importancia de las variables ambientales en la construcción de cada modelo. La versión empleada fue MAXENT 3.3.3k (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>).

En la construcción de los modelos con GARP se emplearon el 50% de las localidades para la construcción del modelo, un límite de convergencia de 0.01, número máximo de iteraciones de 1000. Para cada especie se corrieron 100 modelos GARP (cada uno con una selección al azar del 50% de localidades de presencia para construir el modelo) (Pearson *et al.* 2007). Posteriormente, se seleccionaron los 20 modelos que omitieron menos del 50% de localidades restantes, de dichos modelos fueron

seleccionados los 10 modelos más cercanos a la mediana del área predicha como adecuada para la especie. La versión empleada fue Desktop GARP 1.1.6 (<http://www.nhm.ku.edu/desktopgarp/>).

Dicho procedimiento permitió seleccionar modelos predictivos con bajo error de omisión a la vez que permitió eliminar modelos con notorios errores de comisión. La predicción final en GARP fue realizada sumando los 10 modelos cercanos a la mediana lo cual se hizo en DIVA GIS 7.5 (<http://www.diva-gis.org/>), obteniendo una predicción cuyo intervalo fue de 0 a 10.

Una descripción más precisa de la técnica de construcción de modelos de *Crotalus transversus*, *Lepidophyma micropholis*, *L. occulor* y *Lithobates johni* se incluye en el Cuadro 27 y Cuadro 28 del presente documento y en los metadatos correspondientes.

### **8.A.2 Especies con más 25 localidades de presencia**

En el caso de *Plectrohyla charadricola*, *Anolis naufragus*, *Lepidophyma gaigeae*, *L. sylvaticum* y *Micrurus laticollaris* fue posible recopilar más de 25 localidades distintas de presencia, por lo que la técnica de construcción del modelo fue distinta, misma que se describe a continuación:

En el caso de MAXENT, el modelo fue construido con las opciones “*Linear features*”, “*Quadratic features*” e “*Hinge features*” siguiendo a Phillips *et al.* (2008). Se empleó el 70% de las localidades de presencia para construir el modelo y el 30% restante para evaluarlo. La técnica de partición de datos fue *Bootstrap* y se desactivó la opción *Do clamping*. El resto de parámetros empleado correspondió con el *default* del programa (ver ANEXO 1 y 2).

Con GARP se construyó el modelo empleando el 70% de las localidades de presencia para “*training*” y el 30% para “*testing*”. Se generaron 100 modelos, seleccionando los 10 modelos con el menor error de omisión (<10% de omisión intrínseca, total de modelos 20 y “*comission threshold*” 50%) mediante la activación del “*Best Subset Selección Parameters*”, “*Omission measure Extrinsic*” y *Omission threshold Hard*. El restante 30% de localidades fue empleado para evaluar el modelo. El resto de parámetros empleado correspondió con el *default* del programa (ver ANEXO 1 y 2).

Con ayuda de DIVA GIS 7.5 los 10 modelos seleccionados se sumaron para obtener un mapa compuesto (mapa de congruencias), en el cual, el valor de cada celda o pixel representa el número total de modelos en los que se predijo la presencia de la especie en esa celda (Anderson *et al.* 2003).

Una descripción más precisa de la técnica de construcción de modelos de *Plectrohyla charadricola*, *Anolis naufragus*, *Lepidophyma gaigeae*, *L. sylvaticum* y *Micrurus laticollaris* se incluye en el Cuadro 27 y Cuadro 28 del presente documento y en los metadatos correspondientes.

**Cuadro 27. Aspectos generales del método de construcción de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT.**

<b>Aspectos generales del método de <i>Chiropterotriton multidentatus</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	93% corresponde a 15 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	7% corresponde a 1 registro
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLAMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features, Quadratic features (Phillips et al. 2006) y Hinge features (Phillips y Dudik, 2008).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Crossvalidate
REPLICATES	18
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MAXIMUM TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Plectrohyla charadricola</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70% corresponde a 24 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30% corresponde a 10 registros
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLAMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features, Quadratic features (Phillips et al. 2006) y Hinge features (Phillips y Dudik, 2008).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Bootstrap
REPLICATES	100

<b>Aspectos generales del método de <i>Plectrohyla charadricola</i></b>	
RANDOM SEED	SI
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	10 PERCENTILE TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Lithobates johni</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	91% corresponde a 10 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	9% corresponde a 1 registro
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLUMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features y Quadratic features (Phillips et al. 2006).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Crossvalidate
REPLICATES	11
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MINIMUM TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Anolis naufragus</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70% corresponde a 20 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30% corresponde a 9 registros
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLAMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features, Quadratic features (Phillips et al. 2006) y Hinge features (Phillips y Dudik, 2008).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Bootstrap
REPLICATES	100
RANDOM SEED	SI
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	

<b>Aspectos generales del método de <i>Anolis naufragus</i></b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MINIMUM TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma gaigeae</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70% corresponde a 24 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30% corresponde a 10 registro
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLAMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features, Quadratic features (Phillips et al. 2006) y Hinge features (Phillips y Dudik, 2008).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Bootstrap
REPLICATES	100
RANDOM SEED	SI
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MINIMUM TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma micropholis</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	80% corresponde a 5 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	20 % corresponde a 1 registro
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLAMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features y Quadratic features (Phillips et al. 2006).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Crossvalidate
REPLICATES	6
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MINIMUM TRAINING PRESENCE

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma occulor</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	93% corresponde a 15 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	7% corresponde a 1 registro
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLUMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features, Quadratic features (Phillips et al. 2006) y Hinge features (Phillips y Dudik, 2008).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Crossvalidate
REPLICATES	16
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MINIMUM TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma sylvaticum</i></b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70% corresponde a 35 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30% corresponde a 15 registro
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLAMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features, Quadratic features (Phillips et al. 2006) y Hinge features (Phillips y Dudik, 2008).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Bootstrap
REPLICATES	100
RANDOM SEED	SI
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	10 PERCENTILE TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Micrurus laticollaris</i>.</b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic

PROYECTO JM042 "MODELAJE DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN RIESGO

<b>Aspectos generales del método de <i>Micrurus laticollaris</i>.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30%
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLUMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features, Quadratic features (Phillips et al. 2006) y Hinge features (Phillips y Dudik, 2008).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Bootstrap
REPLICATES	100
RANDOM SEED	SI
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MINIMUM TRAINING PRESENCE

<b>Aspectos generales del método de <i>Crotalus transversus</i>.</b>	
TIPO DE SALIDA	Logistic
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	91% corresponde a 10 registros
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	9% corresponde a 1 registro
SELECCIÓN DE LOCALIDADES UNICAS	SI
SELECCIÓN DE CLUMPING	NO
VERSION DEL PROGRAMA	Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.3.3k
<b>ASPECTOS PARTICULARES RUN</b>	
OUTPUT FORMAT	GRID
FORMATO DE SALIDA	LOGISTIC
MAKE PICTURES OF PREDICTIONS	SI
DO JACKKNIFE TO MEASURE VARIABLE IMPORTANCE	SI
AUTOFEATURES	Linear features y Quadratic features (Phillips et al. 2006).
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS BASIC</b>	
REPLICATED RUN TYPE	Crossvalidate
REPLICATES	11
<b>ASPECTOS PARTICULARES SETTINGS ADVANCED</b>	
DO CLAMPING	NO
APPLY THRESHOLD RULE	MINIMUM TRAINING PRESENCE

Cuadro 28. Aspectos generales del método de construcción de los modelos de distribución potencial obtenidos con GARP.

<b>Aspectos generales del método de <i>Chiropterotriton multidentatus</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS	50%

PROYECTO JM042 "MODELAJE DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN RIESGO

<b>Aspectos generales del método de <i>Chiropterotriton multidentatus</i> con GARP.</b>	
EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	50%
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%
<b>ASPECTOS PARTICULARES UMBRAL SELECCIONADO</b>	
UMBRAL	0-8 (ausencia) y 8-10 (presencia)

<b>Aspectos generales del método de <i>Plectrohyla charadricola</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30%
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%

<b>Aspectos generales del método de <i>Lithobates johni</i> con GARP</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	50%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	50 %
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).

PROYECTO JM042 "MODELAJE DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE 10 ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN RIESGO

<b>Aspectos generales del método de <i>Lithobates johni</i> con GARP</b>	
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%
<b>ASPECTOS PARTICULARES UMBRAL SELECCIONADO</b>	
UMBRAL	0-2 y 2-10

<b>Aspectos generales del método de <i>Anolis naufragus</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30 %
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma gaigeae</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30%
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma micropholis</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	50%
PORCENTAJE DE REGISTROS	50 %

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma micropholis</i> con GARP.</b>	
EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%
<b>ASPECTOS PARTICULARES UMBRAL SELECCIONADO</b>	
UMBRAL	0-6 (ausencia) y 6-10 (presencia)

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma occulor</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	50%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	50 %
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%
<b>ASPECTOS PARTICULARES UMBRAL SELECCIONADO</b>	
UMBRAL	0-6 (ausencia) y 6-10 (presencia)

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma sylvaticum</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30%
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	

<b>Aspectos generales del método de <i>Lepidophyma sylvaticum</i> con GARP.</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%

<b>Aspectos generales del método de <i>Micrurus laticollaris</i> con GARP</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	70%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	30 %
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%
<b>ASPECTOS PARTICULARES UMBRAL SELECCIONADO</b>	
UMBRAL	0-3 (ausencia) y 3-10 (presencia)

<b>Aspectos generales del método de <i>Crotalus transversus</i> con GARP.</b>	
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA ENTRENAMIENTO	50%
PORCENTAJE DE REGISTROS EMPLEADOS PARA VALIDACIÓN	50 %
OUTPUT FORMAT	ASCII
VERSION DEL PROGRAMA	Desktop GARP 1.1.6
<b>ASPECTOS PARTICULARES OPTIMIZACIÓN PARAMETERS</b>	
RUNS PER EXPERIMENT	100
CONVERGENCE LIMIT	0.001
MAX ITERATIONS	1000
RULE TYPES	Atomic Rules, Range Rules, Negated range rules, Logistic regression (Monterrubio-Rico et al. 2007).
<b>ASPECTOS PARTICULARES BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS</b>	
BEST SUBSET SELECTION PARAMETERS	ACTIVE
PERCENTAGE OMISSION	50%
COMMISSION THRESHOLD	10%
<b>ASPECTOS PARTICULARES UMBRAL SELECCIONADO</b>	
UMBRAL	0-2 (ausencia) y 2-10 (presencia)

## 9 Evaluación de los modelos

### 9.A.1 *Especies con menos de 25 localidades de presencia*

De acuerdo con Pearson *et al.* (2007),  $n$  denota el número de localidades de presencia disponibles para una especie en particular, como fue señalado con anterioridad, este método de evaluación implica obtener con MAXENT  $n$  modelos, donde cada modelo es construido con  $n-1$  localidades de presencia.

El citado autor considera a  $p_i$  como la proporción de área predicha donde fue eliminada la  $i$ -ésima localidad de presencia y  $X_i$  como una variable que expresa el éxito (1) o fracaso (0) de cada modelo generado en predecir correctamente la presencia de la localidad que fue excluida en la construcción del mismo. La probabilidad de que la predicción de la localidad excluida en cada modelo sea producto del azar es denotada como  $H$ .

Por consiguiente, desde la perspectiva de  $H$ ,  $X_i$  debe ser considerada una prueba al azar con una probabilidad de éxito asociada denotada como  $p_i$ . Para evaluar que los éxitos observados cada vez que un modelo logra predecir la localidad que le fue excluida constituyen una evidencia en contra de  $H$  se emplea una prueba estadística basada en un  $p$ -value y una probabilidad de distribución bajo  $H$  desarrollados por Sprott (2000). Cabe señalar que el  $p$ -value es generado por MAXENT, ya que este algoritmo automáticamente calcula la significancia estadística de la predicción, usando una prueba binomial de omisión.

Dicha prueba estadística es  $D$ , el cual se obtiene mediante la siguiente expresión

$$D = \sum X_i(1 - p_i)$$

El estadístico  $D$  se expresa con la ecuación matemática  $D = \sum X_i(1 - p_i)$ , en donde bajo el efecto de el azar,  $X_i$  es una prueba aleatoria con probabilidad de éxito  $p_i$ , de tal modo que si el valor de  $P$  se obtiene mediante un criterio de prueba apropiado y la probabilidad de distribución al azar, los éxitos observados pueden ser evidencia contra del azar en el sentido de que es mejor que éste.

Dicha  $D$  pondera únicamente los éxitos ( $X_i = 1$ ), un éxito conlleva un mayor peso ( $1 - p_i$ ) si ha ocurrido bajo una pequeña probabilidad asumida.  $D$  categoriza los valores posibles de  $X_i$  de acuerdo con la evidencia que dichos valores proporcionan contra  $H$ . Si  $d$  denota los valores experimentales de  $D$  observados, el correspondiente  $p$ -value es calculado como la probabilidad bajo  $H$  de que  $D \geq d$ .

Dado que  $D$  es dependiente de las aéreas proporcionales predichas en  $n$  replicas, no es posible crear una tabla universal de  $p$ -value y el cálculo de cada probabilidad debe realizarse mediante una revisión exhaustiva caso por caso de todas las posibles formas en las cuales el arreglo de  $X$  puede ocurrir y sumar las probabilidades bajo  $H$  para todos los arreglos que satisfagan que  $D \geq d$ . La probabilidad individual de un arreglo dado es el producto de sus correspondientes  $p_i$  y  $(1-p_i)$ s. A manera de ejemplo, si  $n = 4$  y el arreglo es  $(1,0,1,0)$ , la probabilidad individual es  $p_1(1-p_2)p_3(1-p_4)$ .

Para evaluar el desempeño de los modelos obtenidos se empleó el programa *p-value-compute.exe* elaborado por Pearson *et al.* (2007), el cual calcula el valor de  $p$  a partir del estadístico  $D$ , mediante la suma de las probabilidades para cada caso existente. Se evaluó la significancia del modelado en conjunto ya que debido al tamaño de muestra pequeño, cada localidad influye fuertemente sobre la proyección, para lo cual se empleara el modelo *average* generado por MAXENT.

En el caso de GARP, fueron seleccionados los 20 modelos que omitieron el menor número de registros del restante 50% de registros de presencia empleados para evaluación. De los modelos seleccionados, se utilizaron los 10 modelos más cercanos al área media predicha. El modelo final de predicción de GARP fue producido sumando los 10 modelos seleccionados, dando una predicción de que va de 0 a 10, con incrementos de 1.

### **9.A.2 Especies con más de 25 localidades de presencia**

Se evaluó el ajuste del modelo empleando el estadístico AUC obtenido mediante el *Receiver Operating Characteristic* (ROC) modificado por Peterson *et al.* 2008) que implica el empleo de ROCs parciales (Lobo *et al.* 2007, Peterson *et al.* 2008). La evaluación fue realizada empleando el programa ROCWOG desarrollado por Barve (2008). Cabe señalar que dicho estadístico solo puede ser empleado en aquellos casos donde se disponga de un número aceptable de localidades de presencia (más de 25 localidades), por lo que, en base a la técnica de construcción empleada para especies con menos de 25 localidades de presencia (Pearson *et al.* 2007), no puede ser aplicado a cinco de las especies incluidas en el presente informe (*C. multidentatus*, *Crotalus transversus*, *Lepidophyma micropholis* y *L. occulor*). En cambio, es susceptible de ser aplicado para cinco de las especies incluidas (*Plectrohyla charadricola*, *Anolis naufragus*, *Lepidophyma gaigeae*, *L. sylvaticum* y *Micrurus laticollaris*).

### **9.B Umbral de decisión**

El umbral de decisión empleado en MAXENT para los modelos construidos de *Lithobates johni*, *Anolis naufragus*, *Lepidophyma micropholis*, *L. occulor*, *L. sylvaticum*,

*Micrurus laticollaris* y *Crotalus transversus* fue el *Minimum training presence logistic threshold* siguiendo las recomendaciones de Pearson *et al.* (2007) y Kumar y Stohlgren (2009) entre otros autores.

Para una especie, *Chiropetrotriton multidentatus*, se optó por emplear el *Máximo training presence logistic threshold*, dado que el resto de los umbrales sobrepredicen notoriamente el área de distribución de la especie (ver Figura 80). En el caso de *Plectrohyla charadricola* y *Lepidophyma gageae* se utilizó el *10 percentile training presence* por la misma razón.

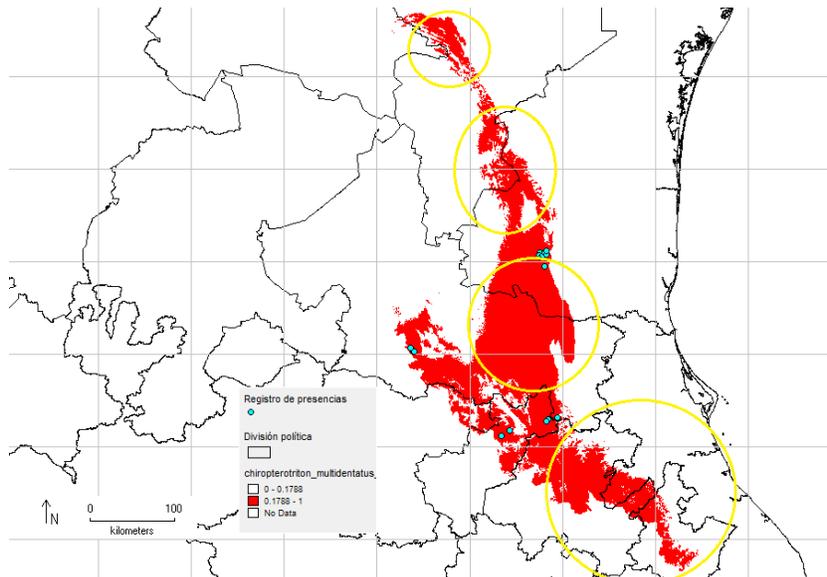


Figura 80. Áreas de presencia de *C. multidentatus* empleando como umbral al *Minimum training presence* donde se observa una notoria tendencia a cometer errores de comisión.

En el caso de GARP, para las especies con menos de 25 localidades de presencia, se siguió las recomendaciones de Pearson *et al.* (2007) dado que se eligió el valor más bajo de registro de presencia (el cual denomina “*lowest presence threshold*” o LTP) debido a que los pixeles que cumplen dichos valores pueden interpretarse desde un punto de vista ecológico como las regiones con condiciones ambientales similares a los sitios donde se sabe que se presenta la especie. Esta aproximación es razonable tratándose de especies con escasos registros de presencia.

### **9.C Depuración final de los modelos**

De acuerdo a lo recomendado por Pearson *et al.* (2007) para las especies con menos de 25 localidades de presencia se utilizó como modelo final el modelo promedio (*average*) de MAXENT debido a que representa la suma de las probabilidades existentes de cada modelo individual de distribución generado para cada una de las especie de acuerdo con el método de evaluación propuesto por el citado autor. En el caso de GARP,

se depuró al modelo final de predicción de GARP resultado de la suma de los 10 modelos seleccionados.

En el caso de especies con más de 25 localidades de presencia, se revisaron cada uno de los 100 modelos obtenidos con MAXENT y todos modelos generados mediante *Bets Subsets* de GARP, eligiendo el modelo que fuese más acorde con la distribución conocida o inferida de la especie de acuerdo con los registros disponibles y su historia biogeográfica.

Las áreas de sobrepredicción en los modelos fueron identificadas y descartadas considerando la distribución histórica de cada especie, su capacidad de dispersión y presencia de barreras geográficas o climáticas. Se considero que un área de sobrepredicción era aquella región que a pesar de contar con condiciones bioclimáticas favorables a la especie, no contenía localidades históricas de la especie dentro de su poligonal o se localizaba fuera de las subprovincias fisiográficas seleccionadas como la región geográfica accesible para la especie (M) (Soberón y Peterson, 2005, Soberón, 2007).

### **9.C.1 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *Chiropterotriton multidentatus***

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT (Figura 94) considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *C. multidentatus* se localizan a lo largo de la subprovincias Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Occidentales así como Carso Huasteco. Cabe señalar que las áreas de alta probabilidad de presencia obtenidas con dicho algoritmo se localizan en islas localizadas a lo largo de las tres subprovincias mencionadas e incluyen zonas donde nunca ha sido registrada la especie y si en cambio, se han registrado otras especies de *Chiropterotriton* del *Northern Assemblage* (Darda, 1994).

La predicción de GARP incrementa notoriamente las áreas de alta probabilidad de presencia de la especie sugiriendo una distribución continua en el centro de la subprovincias Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Occidentales así como el Carso Huasteco, lo cual contradice la distribución conocida de las especies del género, las cuales se caracteriza por presentar poblaciones aisladas entre sí y restringidas a bosque de pino o bosque mesófilo de montaña, por tanto, en base a las localidades disponibles y la historia biogeográfica del taxón, la predicción de GARP tiene a cometer errores de comisión evidentes (Figura 95).

Los registros disponibles de *C. multidentatus* se localizan en cuatro islas de bosque mesófilo de montaña situadas al sur de centro del Carso Huasteco y en las Sierras Orientales, por tanto el área ocupada  $G_0$  obtenida con MAXENT (ver Figura 96) es acorde con la distribución del bosque mesófilo de montaña y la historia biogeográfica de la especie. En contraste, la  $G_0$  obtenida con GARP tiende a ser mucho mayor (ver Figura 97) asumiéndose como inadecuada.

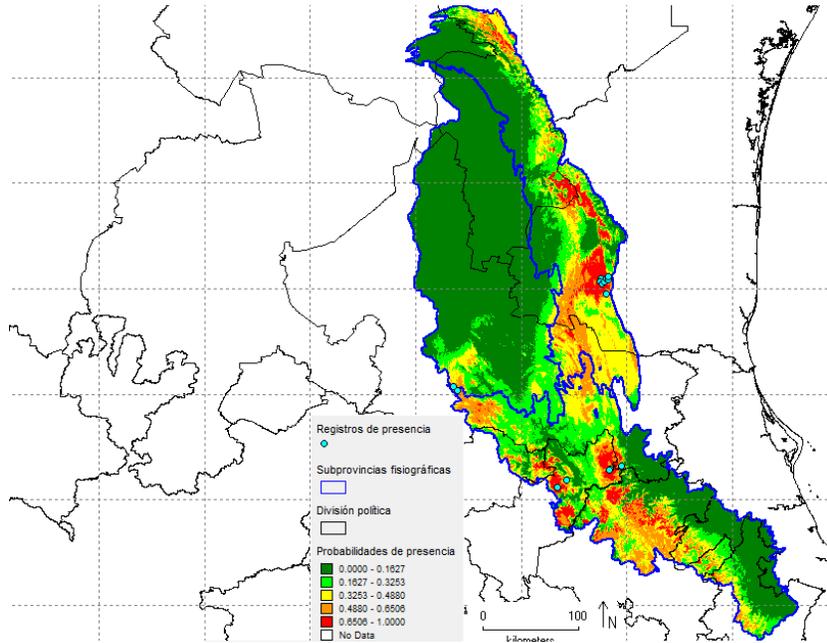


Figura 81. Modelo de distribución potencial para *C. multidentatus* obtenido mediante MAXENT.

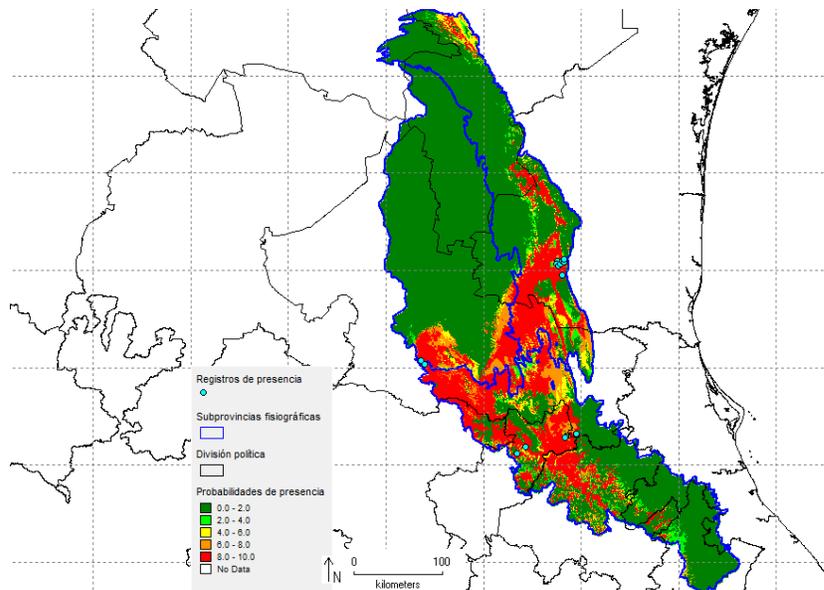


Figura 82. Modelo de distribución potencial para *C. multidentatus* obtenido mediante GARP.

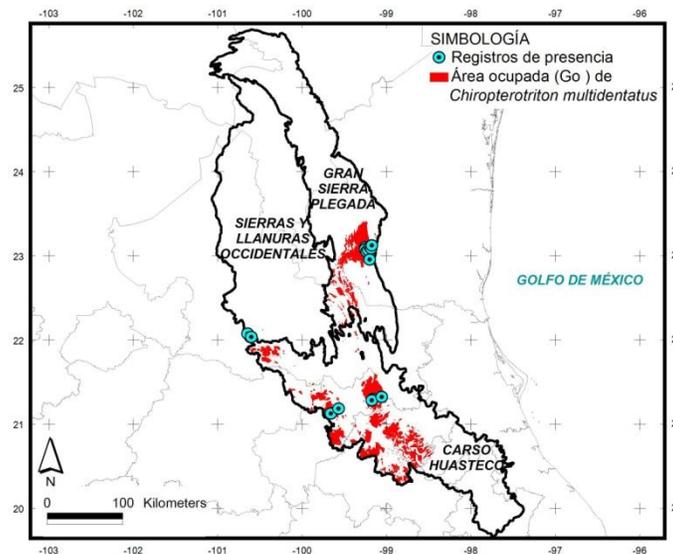


Figura 83. G<sub>0</sub> de *C. multidentatus* obtenida con MAXENT.

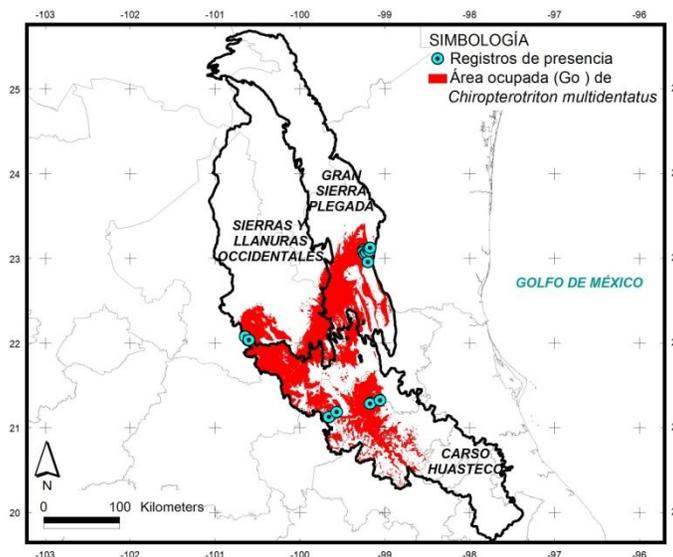


Figura 84. G<sub>0</sub> de *C. multidentatus* obtenida con GARP.

El área ocupada G<sub>0</sub>, generada por GARP sobrepredice notoriamente el área de distribución de la especie (ver Figura 84) y no es confiable dada la historia biogeográfica del género (Darda, 1994) y las localidades conocidas de la especie. El modelo más aceptable fue el obtenido por MAXENT, cuya G<sub>0</sub> en general concuerda aceptablemente con la distribución conocida o inferida. Esta G<sub>0</sub> sugiere la presencia de la especie en sitios donde existen registros dudosos de la especie, como la Sierra de Zacualtupán y por otra parte, incluye al Parque Nacional El Chico, donde se encuentran poblaciones asignadas a la especie, pero genéticamente muy diferenciadas de esta.

De todas las especies modeladas, *C. multidentatus* fue la más problemática, tal vez por su distribución aislada (la M de la especie puede constituir un “mundo de Wallace”), por el hecho de que algunas poblaciones pueden estar fuertemente diferenciadas genéticamente y constituir otra especie y finalmente, muy probablemente se requiere realizar un trabajo de campo exhaustivo en la Sierra Madre Oriental a efecto de obtener más localidades de presencia (Darda, 1994). Por tanto, se considera que la  $G_0$  obtenida debe ser evaluada a futuro mediante prospecciones en campo tendientes a descubrir nuevas localidades de presencia de la especie.

Cuadro 29. Evaluación de los modelos de distribución potencial de *C. multidentatus* mediante los estadísticos propuestos por Pearson *et al.* (2007).

ALGORITMO EMPLEADO	LOCALIDADES DE PRUEBA PREDICHAS EXITOSAMENTE	D	P
MAXENT	14	0.94	<0.05
GARP	16	1.0	0

Cabe señalar que el modelo obtenido con MAXENT tuvo un buen desempeño para predecir la localidad que le fue excluida (Cuadro 29) e igual puede decirse del modelo obtenido con GARP, sin embargo, como fue mencionado previamente, este último modelo tiende a sobrepredicir bastante el área de presencia de la especie.

### **9.C.2 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *Plectrohyla charadricola***

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT (Figura 85) considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *P. charadricola* se localizan a lo largo de la subprovincias Carso Huasteco, Chiconquiaco y una porción marginal de Lagos y Volcanes de Anáhuac. La predicción de GARP tiende a sobreestimar las áreas de alta probabilidad de presencia en base a las localidades disponibles de la especie y su historia biogeográfica (Figura 86).

Los registros disponibles de *P. charadricola* se localizan en las islas de bosque mesófilo de montaña situadas en el centro del Carso Huasteco y marginalmente en la subprovincia Chiconquiaco. El área ocupada  $G_0$  obtenida con MAXENT (ver Figura 87) es acorde con la distribución del bosque mesófilo de montaña y la historia biogeográfica de la especie. En cambio, la  $G_0$  obtenida con GARP tiende a ser mucho mayor (ver Figura 88) incluyendo áreas donde nunca ha sido registrada la especie con vegetación distinta al bosque mesófilo de montaña, por lo que se asume como inadecuada.

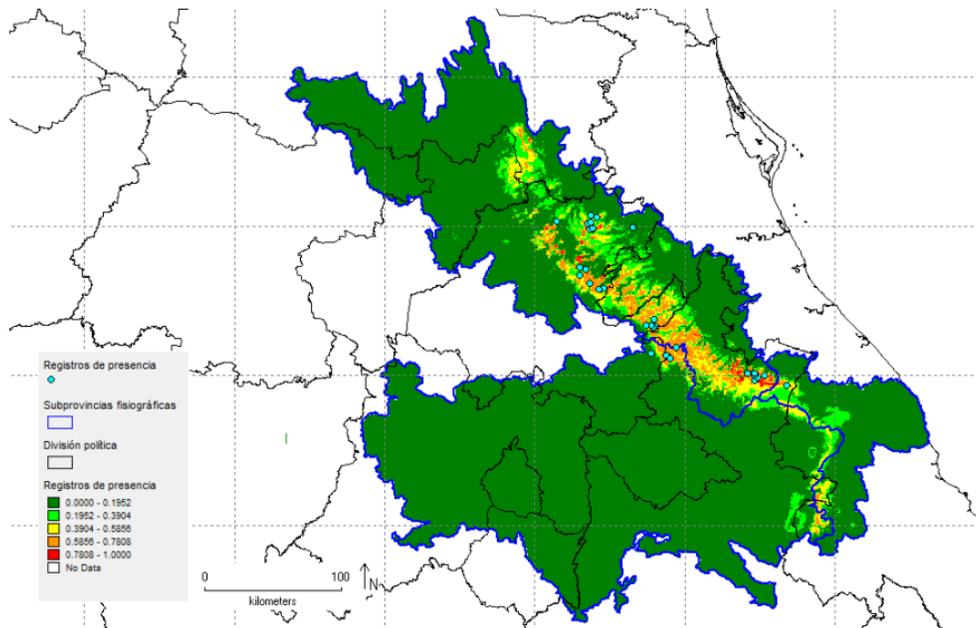


Figura 85. Modelo de distribución potencial para *P. charadricola* obtenido mediante MAXENT.

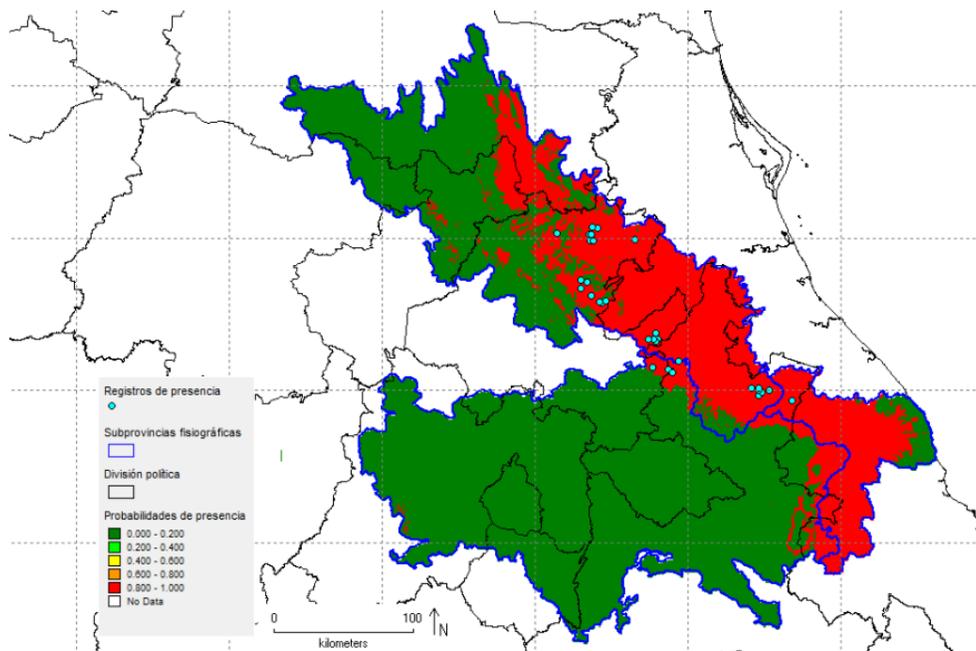


Figura 86. Modelo de distribución potencial para *P. charadricola* obtenido mediante GARP.

El modelo de *P. charadricola* obtenido con MAXENT tuvo un desempeño muy aceptable cuando fue evaluado con ROC Parcial, ya que todos *AUC Ratios* tuvieron valores de 1.9 (ver Figura 89).

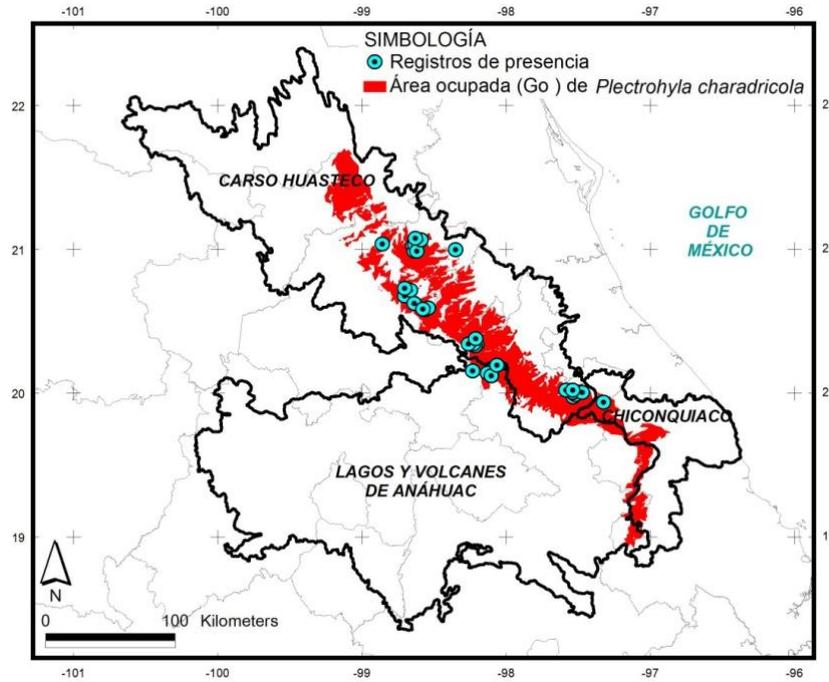


Figura 87.  $G_0$  de *P. charadricola* obtenida con MAXENT

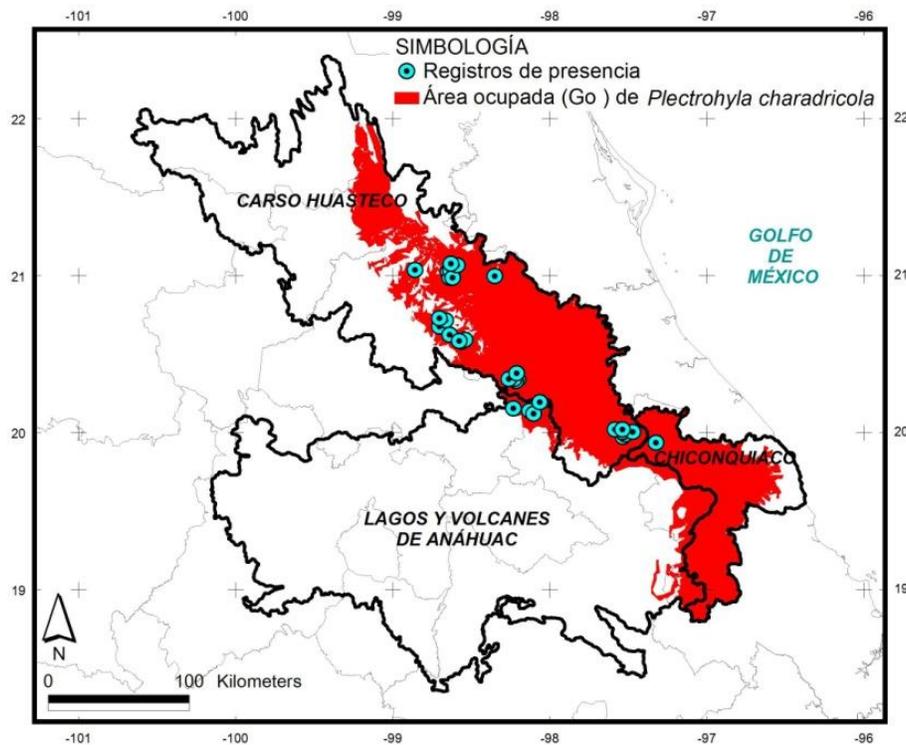


Figura 88.  $G_0$  de *P. charadricola* obtenida con GARP.

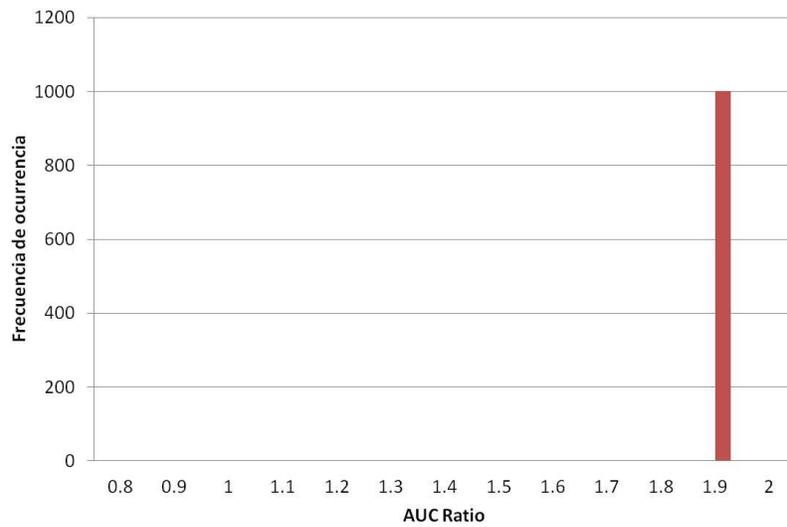


Figura 89. AUC ratio obtenido con ROC parcial para el modelo de *P. charadriicola* obtenido con MAXENT.

### 9.C.3 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP de *Lithobates johni*

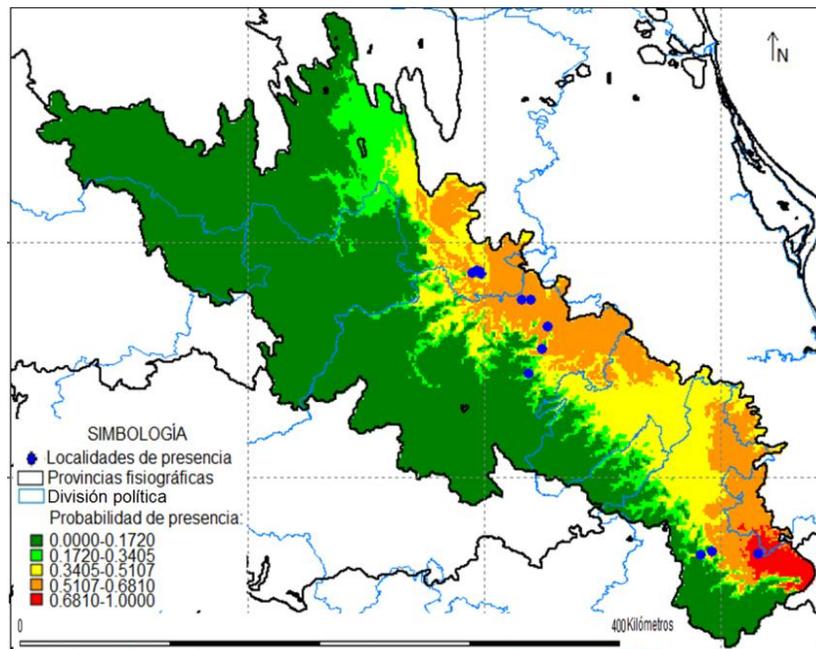


Figura 90. Modelo de distribución potencial para *L. johni* obtenido mediante MAXENT.

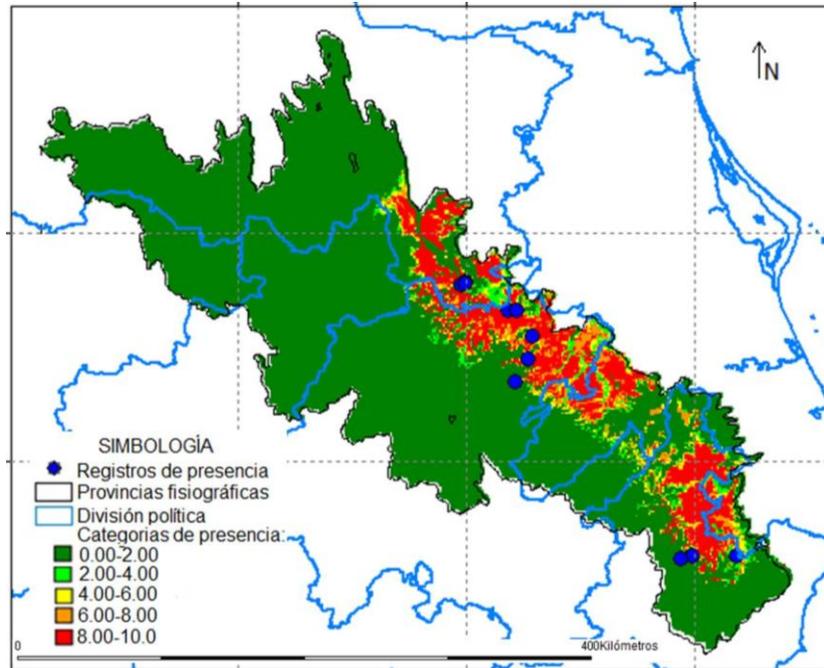


Figura 91. Modelo de distribución potencial para *L. johni* obtenido mediante GARP.

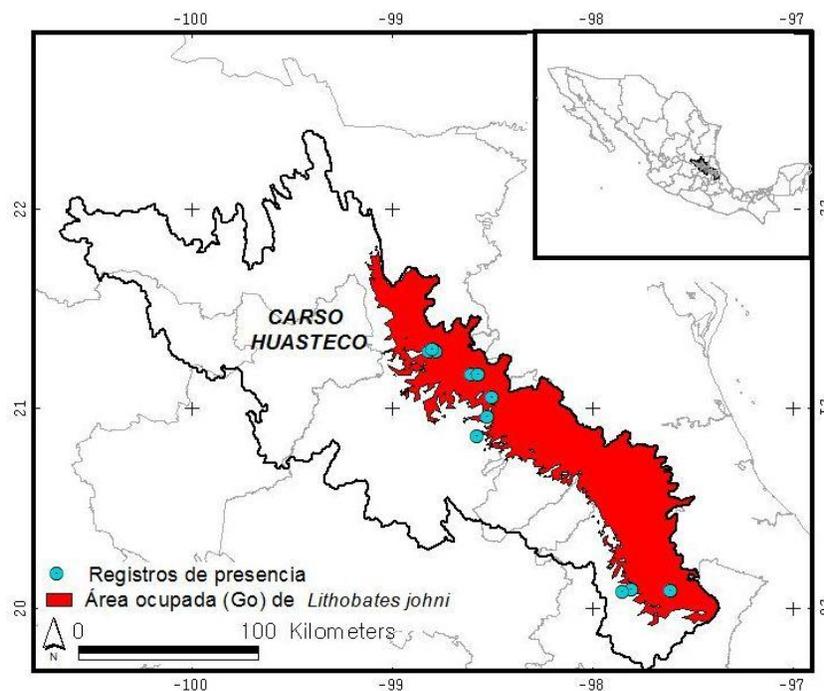


Figura 92.  $G_0$  de *L. johni* obtenida con MAXENT.

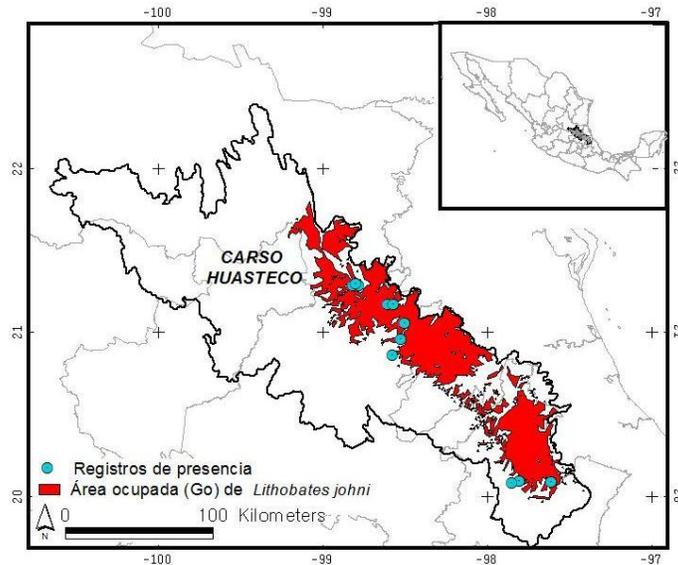


Figura 93.  $G_0$  de *L. johni* obtenida con GARP.

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *L. johni* se localizan dentro de un área continua localizada en la subprovincia Karso Huasteco, en la Huasteca Hidalguense y Potosí, así como en la Sierra Norte de Puebla (ver Figura 90). GARP coincide parcialmente con la ubicación de las zonas de mayor probabilidad de presencia de la especie (ver Figura 91) prediciendo una menor área de presencia para la especie que MAXENT. De acuerdo con GARP, las áreas con mayor probabilidad de presencia de *L. johni* se localizan en la Huasteca Hidalguense y Potosí así como en la Sierra Norte de Puebla sugiriendo que  $G_0$  es discontinua.

Los registros disponibles (Blair, 1947; Hillis *et al.*, 1984; Webb, 1988; Reyes *et al.* 1996; CONABIO, 2009; Durán-Fuentes *et al.* 2006; Campos-Rodríguez *et al.* 2012a, 2012b) indican que el área ocupada ( $G_0$ ) se localiza en la Huasteca y la Sierra Norte de Puebla, existiendo la posibilidad de que sea continua (ver Figura 92) o discontinua (Figura 93). No se detectaron zonas de sobrepredicción evidentes.

La evaluación con los estadísticos  $D$  y  $P$  propuestos por Pearson *et al.* (2007) mostró que el desempeño de ambos algoritmos fue aceptable. Nuevamente GARP cometió menores errores de omisión que MAXENT (ver Cuadro 30) y este último probablemente tienda a presentar un mayor error de comisión al predecir una mayor área de presencia par la especie. Sin embargo, también es probable que el modelo obtenido con GARP se encuentre sobreajustado.

Cuadro 30. Evaluación de los modelos de distribución potencial de *L. johni* mediante los estadísticos propuestos por Pearson *et al.* (2007).

ALGORITMO EMPLEADO	LOCALIDADES DE PRUEBA PREDICHAS EXITOSAMENTE	D	P
MAXENT	8	0.80	0.000024
GARP	10	0.90	0

**9.C.1 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *Anolis naufragus***

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT (Figura 94) considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *A. naufragus* se localizan a lo largo de la subprovincia Carso Huasteco, Chiconquiaco y Sierras Orientales. La predicción de GARP sobrepredice notoriamente, en base a las localidades disponibles de la especie y su historia biogeográfica, la presencia de dicha especie (Figura 95). Ambos modelos coinciden en señalar que las poblaciones de la subprovincia Sierras Orientales, en el extremo sur de Puebla, no están aisladas del resto de poblaciones de la Sierra Norte de Puebla e Hidalgo con varios autores han señalado.

Los registros disponibles de *A. naufragus* se localizan en las islas de bosque mesófilo de montaña situadas en el centro del Carso Huasteco y en las Sierras Orientales, por tanto el área ocupada  $G_0$  obtenida con MAXENT (ver Figura 96) es acorde con la distribución del bosque mesófilo de montaña y la historia biogeográfica de la especie. En contraste, la  $G_0$  obtenida con GARP tiende a ser mucho mayor (ver Figura 97) asumiéndose como inadecuada.

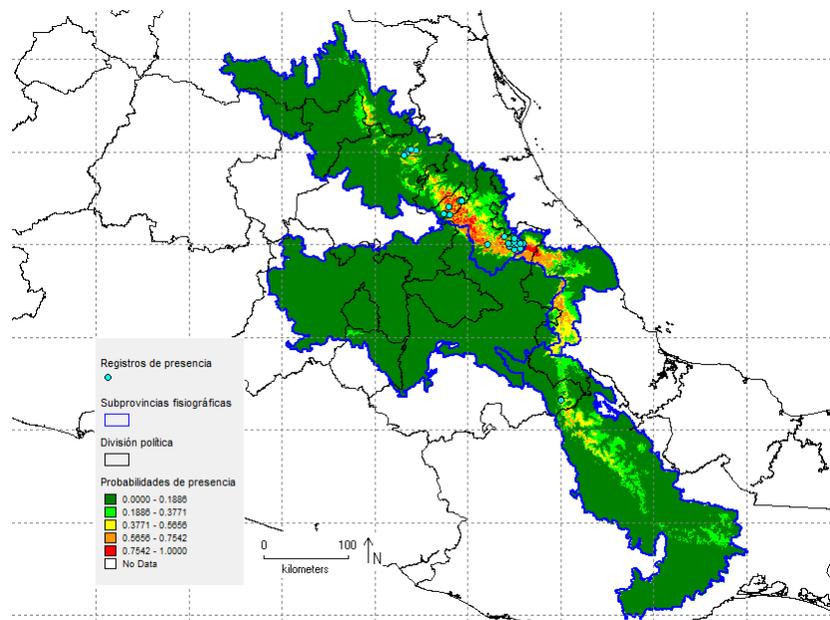


Figura 94. Modelo de distribución potencial para *A. naufragus* obtenido mediante MAXENT.

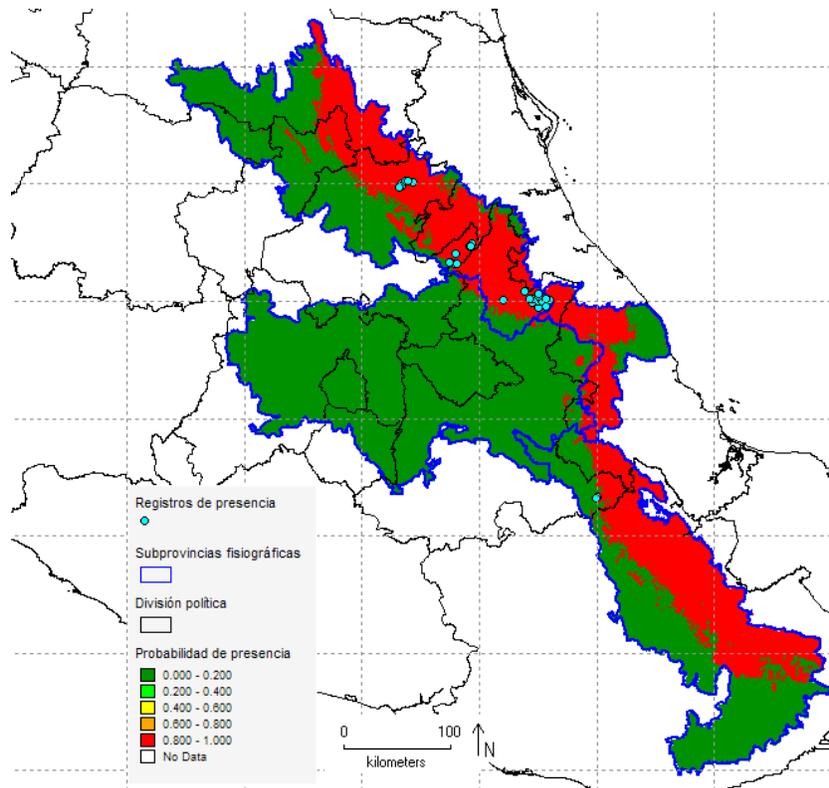


Figura 95. Modelo de distribución potencial para *A. naufragus* obtenido mediante GARP.

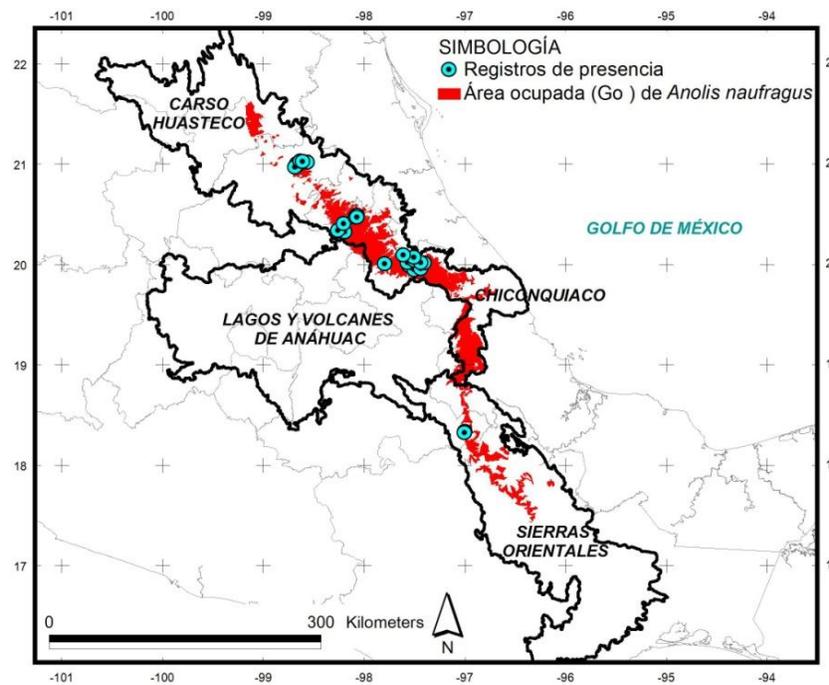


Figura 96.  $G_0$  de *A. naufragus* obtenida con MAXENT

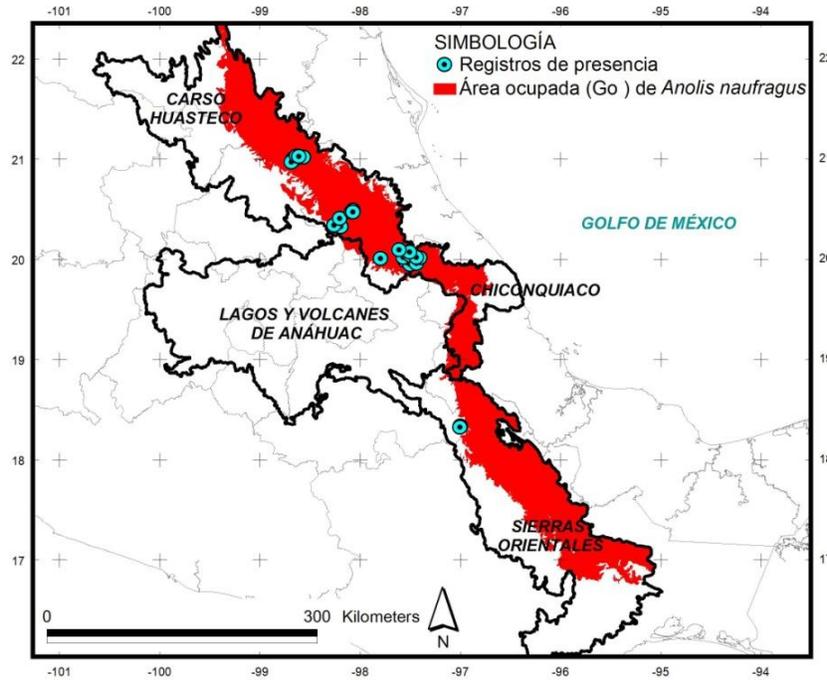


Figura 97.  $G_0$  de *A. naufragus* obtenida con GARP.

El modelo de *A. naufragus* obtenido con MAXENT tuvo un desempeño bastante aceptable cuando fue evaluado con ROC Parcial, ya que los *AUC Ratios* tuvieron valores no menores a 1.6 (ver Figura 98).

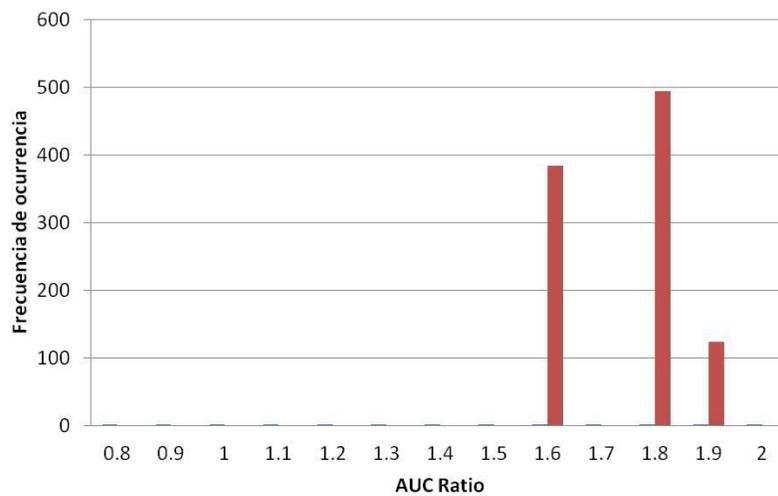


Figura 98. *AUC ratio* obtenido con ROC parcial para el modelo de *A. naufragus* obtenido con MAXENT.

### 9.C.2 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *L. gaigeae*

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT (Figura 99) considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *L. gaigeae* se localizan principalmente en la porción centro del Carso Huasteco. Con GARP el área de predicción dentro del Carso Huasteco es mayor, además de que se observan zonas de alta probabilidad en las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo así como la subprovincia de las Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato (Figura 100). Es evidente que las áreas con probabilidad de presencia excelente o altas son sobreestimadas por GARP.

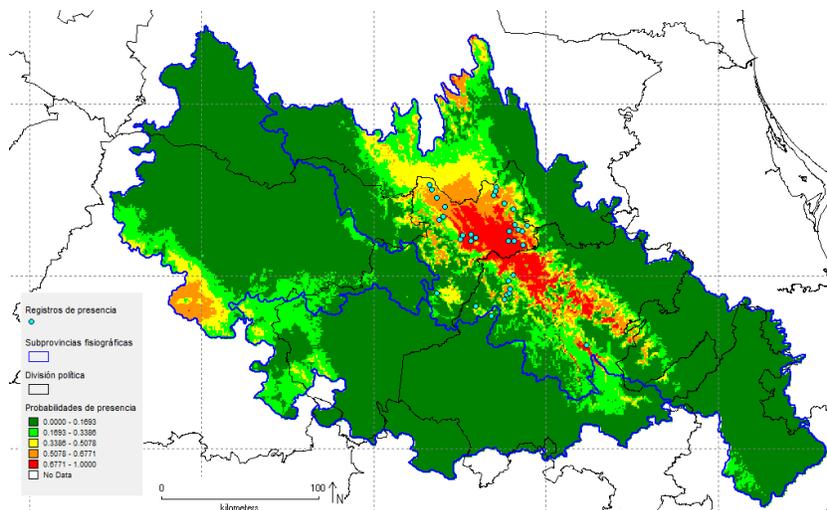


Figura 99. Modelo de distribución potencial para *L. gaigeae* obtenido mediante MAXENT.

Los registros disponibles de *L. gaigeae* se localizan exclusivamente en el Carso Huasteco, en Querétaro e Hidalgo. El área ocupada  $G_0$  obtenida por ambos algoritmos sitúa la presencia de la especie en su totalidad o casi toda su totalidad en dicha subprovincia fisiográfica, siendo notorio que una porción de la distribución de la especie se concentra en las barrancas formados por los ríos Metztlán, Amajac y partes del Moctezuma (ver Figura 101 y Figura 102), GARP indica también una mayor probabilidad de presencia en la barranca del Río Santa María, en Guanajuato.

Cabe señalar que ambos algoritmos predicen la presencia de la especie en la Sierra de Zacualtipán, en Hidalgo, no obstante, a la fecha no se ha confirmado la presencia de la especie en la región, por lo que se asume que esta región constituye una zona de sobrepredicción  $G_1$ .

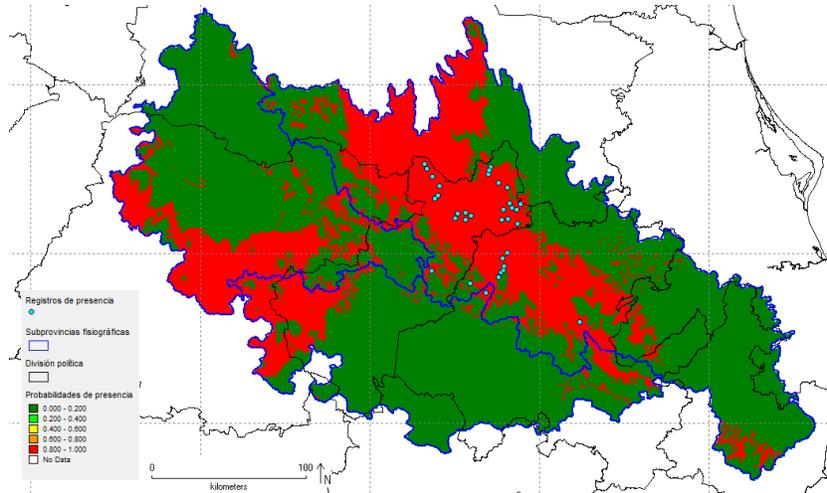


Figura 100. Modelo de distribución potencial para *L. gaigeae* obtenido mediante GARP.

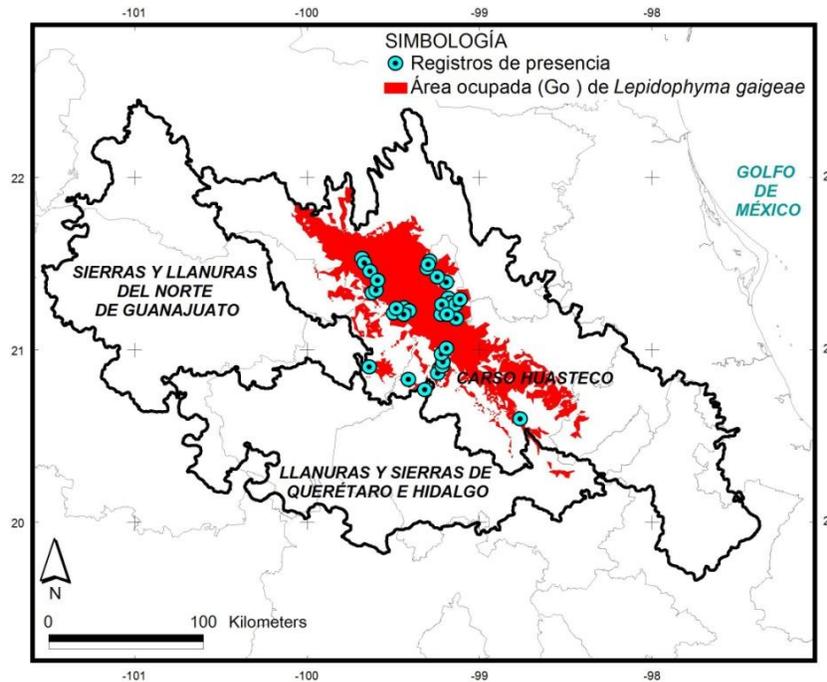


Figura 101.  $G_0$  de *L. gaigeae* obtenida con MAXENT.

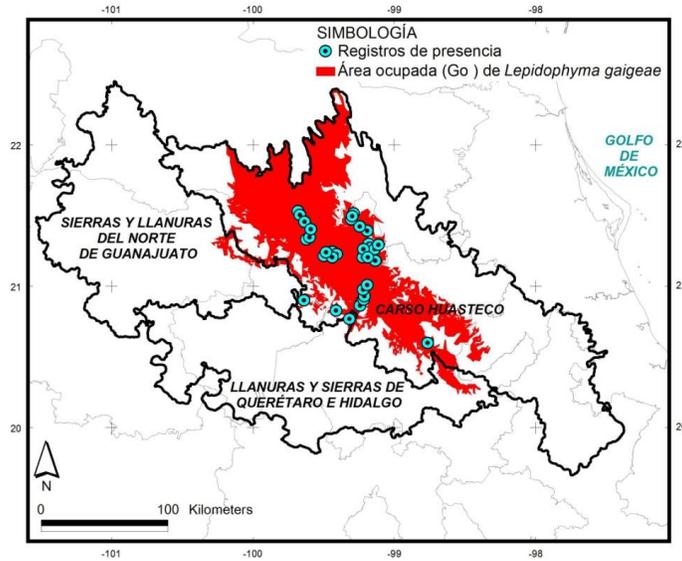


Figura 102.  $G_0$  de *L. gaigeae* obtenida con GARP.

La evaluación del modelo obtenido con MAXENT indica que los radios del *AUC* tuvieron valores por encima de 1, por lo que pueden considerarse satisfactorios (ver Figura 103), no obstante, la mayor frecuencia de ocurrencia de los radios de *AUC* estuvo en la categoría de 1.4, esto implica que el modelo puede mejorarse incluyendo nuevas localidades separadas geográficamente de las localidades conocidas, dado que se advirtió una notoria aglomeración espacial de las localidades de Querétaro y algunas localidades confirmadas de la especie muy aisladas, lo cual propicia que los modelos resulten relativamente sobreajustados. Se requiere de más prospecciones en la Sierra Madre Oriental tendientes a la búsqueda de nuevas localidades de la especie.

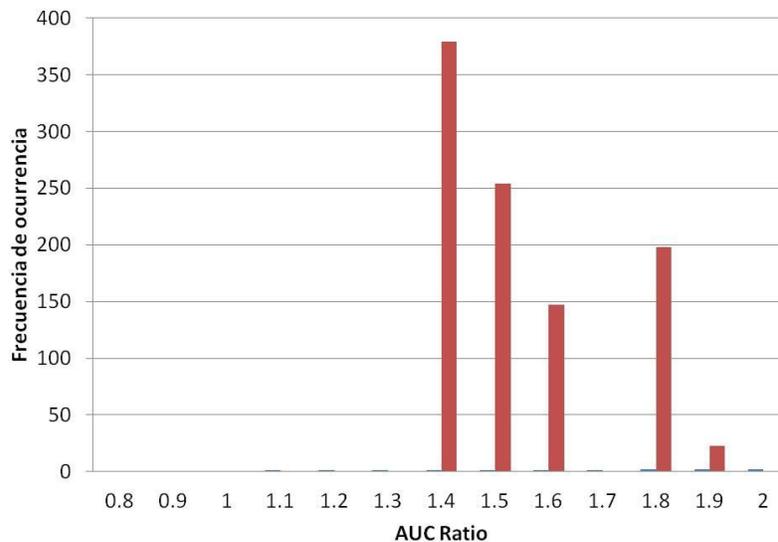


Figura 103. *AUC ratio* obtenido con ROC parcial para el modelo de *L. gaigeae* obtenido con MAXENT.

**9.C.1 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP de *Lepidophyma micropholis***

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT (Figura 104) considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *L. micropholis* se localizan en: el extremo norte de la subprovincia Gran Sierra Plegada, la porción sur de la misma en la Sierra de las Cucharas y en el extremo sur del Karso Huasteco. Con GARP se obtuvo una predicción similar (Figura 105) en la Sierra de las Cucharas, pero a diferencia de MAXENT no predice la presencia de la especie en el Karso Huasteco.

Los registros disponibles de *L. micropholis* se localizan exclusivamente en la Sierra de las Cucharas aunque inesperadamente, la probabilidad de presencia de la especie fue buena a moderada en dicha región en MAXENT (ver Figura 106). GARP indica una mayor probabilidad de presencia en la Sierra de las Cucharas (ver Figura 107). Se asume que la Sierra de las Cucharas es la  $G_0$  de *L. micropholis* y que el resto de áreas con buena probabilidad de presencia constituyen zonas de sobrepredicción o  $G_1$ .

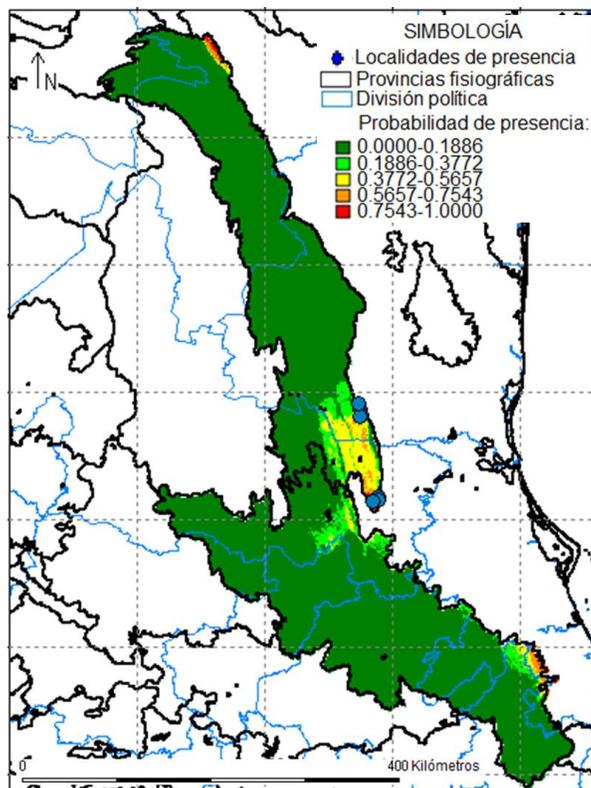


Figura 104. Modelo de distribución potencial final obtenido para *L. micropholis* mediante MAXENT.

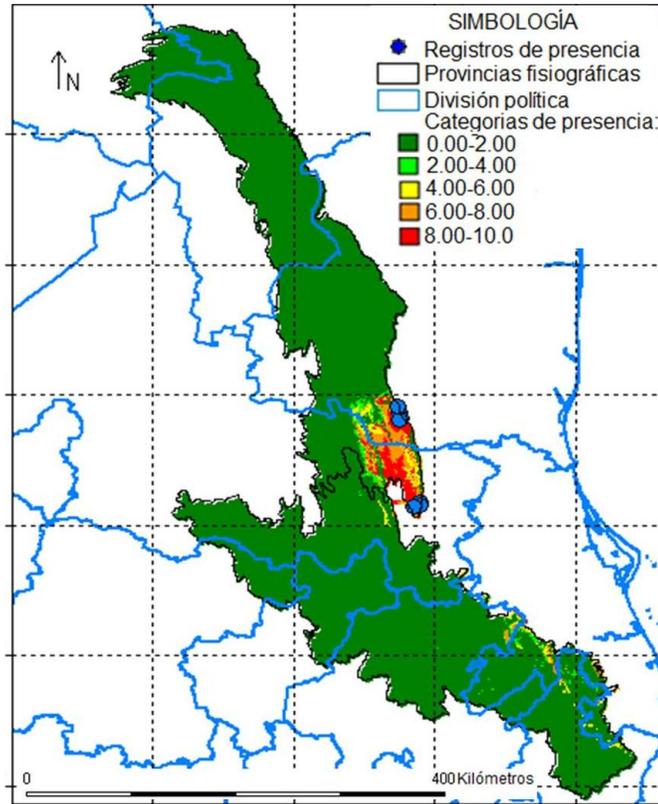


Figura 105. Modelo de distribución potencial final obtenido para *L. johni* mediante GARP.

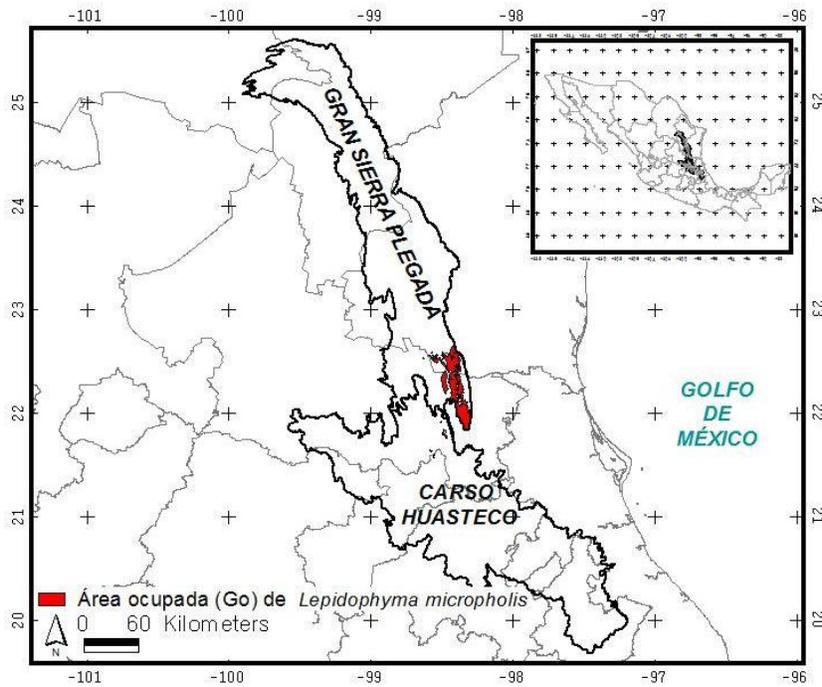


Figura 106.  $G_0$  de *L. micropholis* obtenida con MAXENT.

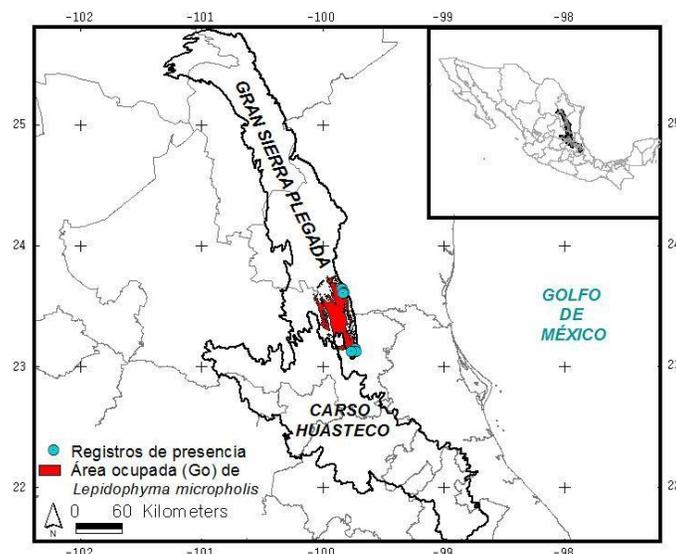


Figura 107.  $G_0$  de *L. micropholis* obtenida con GARP.

La evaluación de los modelos de *L. micropholis* realizada con el estadístico  $D$  y  $P$  de Pearson *et al.* (2007) indicó que el desempeño del modelo de MAXENT fue definitivamente mejor que el del modelo de GARP (ver Cuadro 31). GARP tiene un mayor número de errores de omisión en comparación con MAXENT. El último algoritmo aparentemente tiende a cometer más errores de comisión, al predecir la presencia de la especie en áreas altamente improbables, como el sur del Karso Huasteco, donde no se ha registrado la especie.

Cuadro 31. Evaluación de los modelos de distribución potencial de *L. micropholis* mediante los estadísticos propuestos por Pearson *et al.* (2007).

ALGORITMO EMPLEADO	LOCALIDADES DE PRUEBA PREDICHAS EXITOSAMENTE	$D$	$P$
MAXENT	5	0.8333	0

### 9.C.2 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *Lepidophyma occulor*

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *L. occulor* se ubican principalmente en la subprovincia Karso Huasteco. Los registros disponibles sugieren que la especie se encuentra en las barrancas formadas por los tributarios del río Pánuco, como el río Santa María, el valle de Jalpan y la Barranca de Metztlán, en la porción centro del Karso Huasteco (ver Figura 108), la cual es marcada por MAXENT como zonas de probabilidad de presencia moderada a excelente.

Existe una zona de probabilidad de presencia buena en al norte de la Sierra de las Cucharas, sin embargo, dada la información sobre distribución disponible, se asume que se trata de una zona de sobrepredicción.

Por su parte, GARP predice una mayor probabilidad de presencia en un área mayor del Karso Huasteco y en la parte sur de la subprovincia Gran Sierra Plegada. Coincide con MAXENT en señalar al sistema de barrancas formadas por los tributarios del río Pánuco, como el río Santa María, el valle de Jalpan y la Barranca de Metztitlán, en la porción centro del Karso Huasteco, como áreas de alta probabilidad de presencia de *L. occulor* (ver Figura 109).

El modelo final de *L. occulor* generado por MAXENT tuvo un desempeño relativamente bueno al ser evaluado con el estadístico D propuesto por Pearson *et al.* (2007), igual que el modelo final obtenido con GARP (ver Cuadro 32). Los errores de omisión son mayores en GARP que con MAXENT, y por otra parte, GARP aparentemente tiende a cometer mayores errores de comisión, al predecir una mayor área de presencia que MAXENT, particularmente en el sur de la subprovincia Gran Sierra Plegada.

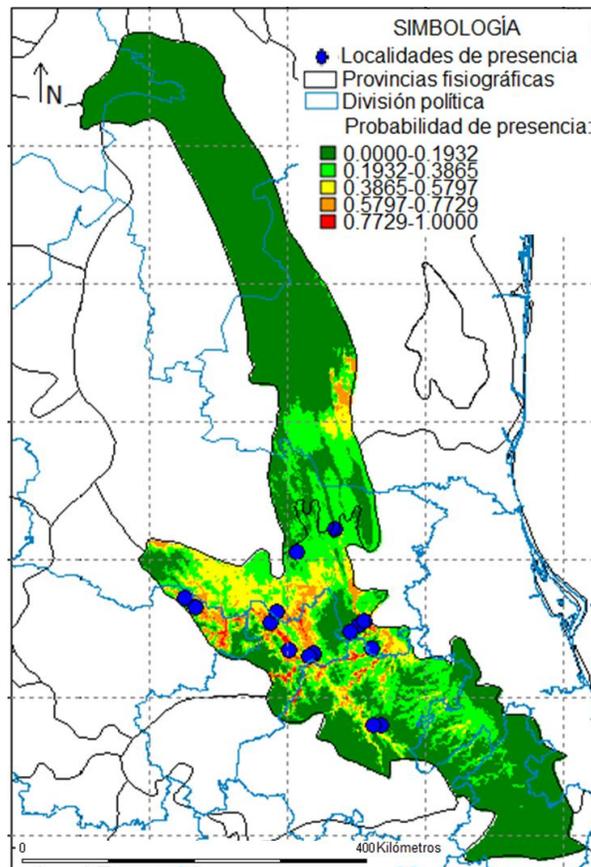


Figura 108. Modelo de distribución potencial final para *L. occulor* obtenido mediante MAXENT.

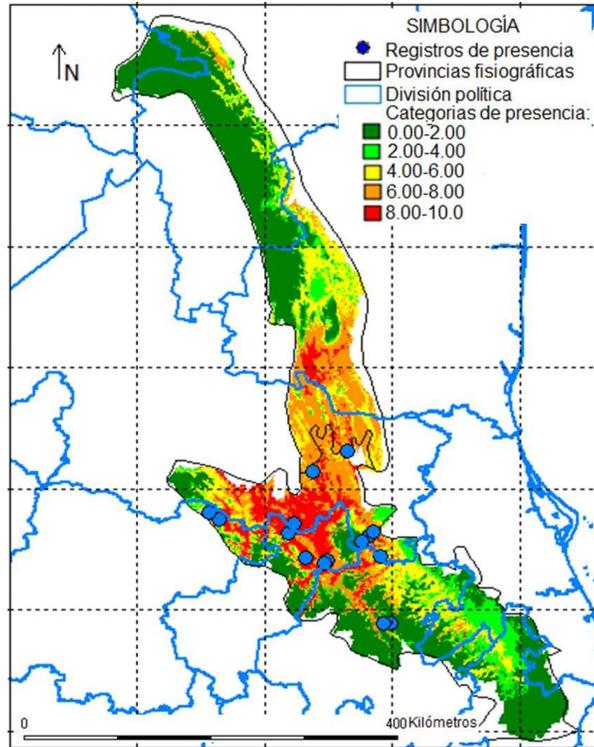


Figura 109. Modelo de distribución potencial para *L. occulor* obtenido mediante GARP.

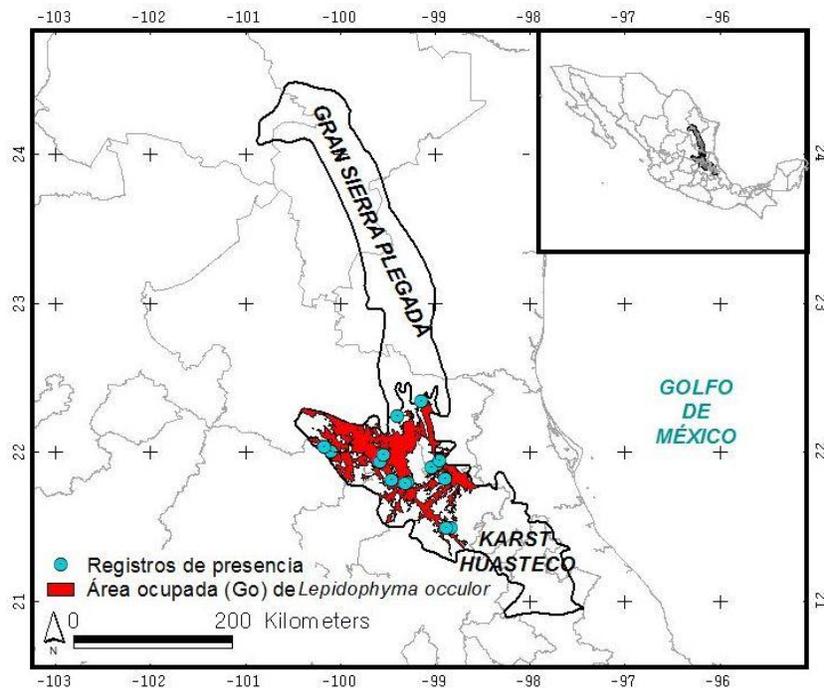


Figura 110.  $G_0$  de *L. occulor* obtenida con MAXENT.

Cuadro 32. Evaluación de los modelos de distribución potencial de *L. occulor* mediante los estadísticos propuestos por Pearson *et al.* (2007).

ALGORITMO EMPLEADO	LOCALIDADES DE PRUEBA PREDICHAS EXITOSAMENTE	<i>D</i>	<i>P</i>
MAXENT	12	0.75	0
GARP	7	0.7	0

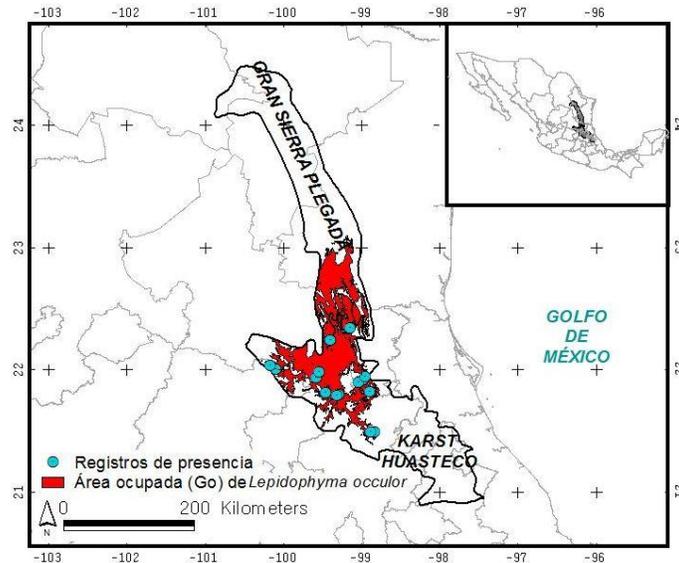


Figura 111.  $G_0$  de *L. occulor* obtenida con GARP.

### 9.C.3 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *L. sylvaticum*

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT considera que las áreas con probabilidad de presencia excelente a alta de *L. sylvaticum* se ubican en un área geográfica amplia de Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Occidentales, Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, Carso Huasteco, Chiconquiaco, Llanuras y Lomeríos y Llanura Costera Veracruzana (ver Figura 112), lo cual es confirmado por la presencia de registros confirmados para la especie, particularmente en el Carso Huasteco y la Sierra Plegada.

Por su parte, GARP predice una mayor probabilidad de presencia en las mismas subprovincias que MAXENT con la notable diferencia que tiende a sobrepredecir abruptamente el área de presencia de la especie, cometiendo probablemente un mayor porcentaje errores de comisión (ver Figura 113). A juzgar por la disponibilidad de los

registros conocidos de la especie y la historia biogeográfica del taxón, la utilidad del modelos obtenido con GARP es cuestionable.

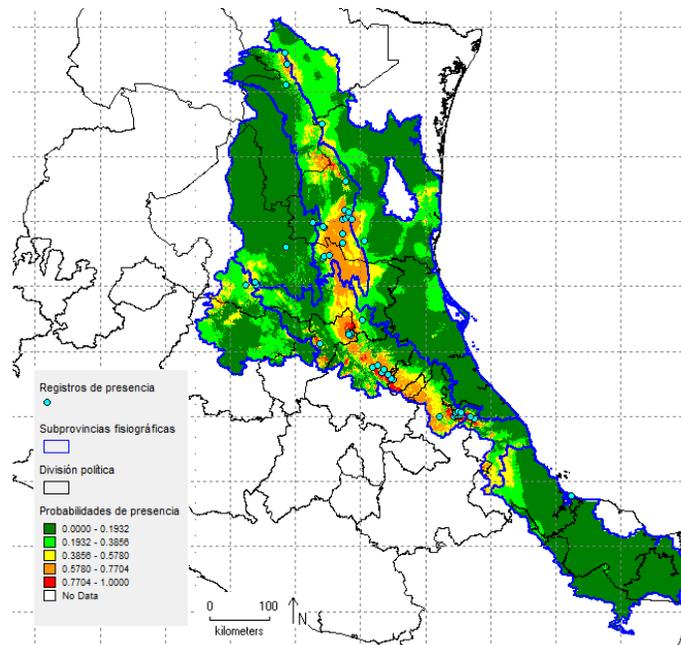


Figura 112. Modelo de distribución potencial para *L. sylvaticum* obtenido mediante MAXENT.

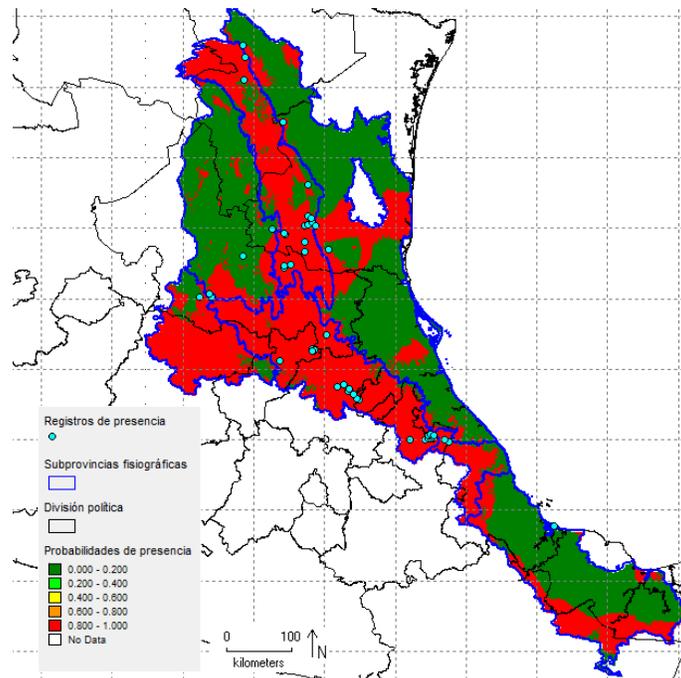


Figura 113. Modelo de distribución potencial para *L. sylvaticum* obtenido mediante GARP.

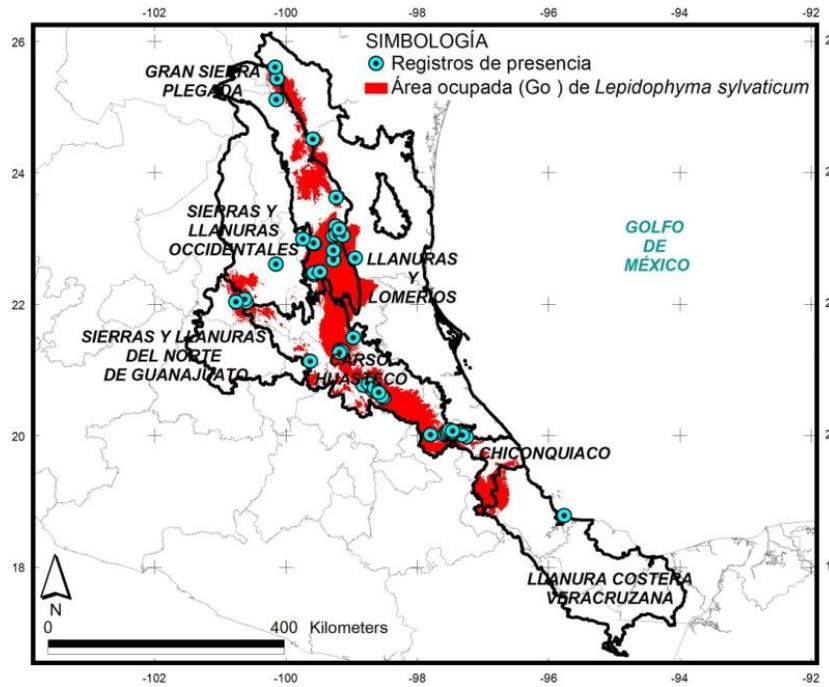


Figura 114.  $G_0$  de *L. sylvaticum* obtenida con MAXENT.

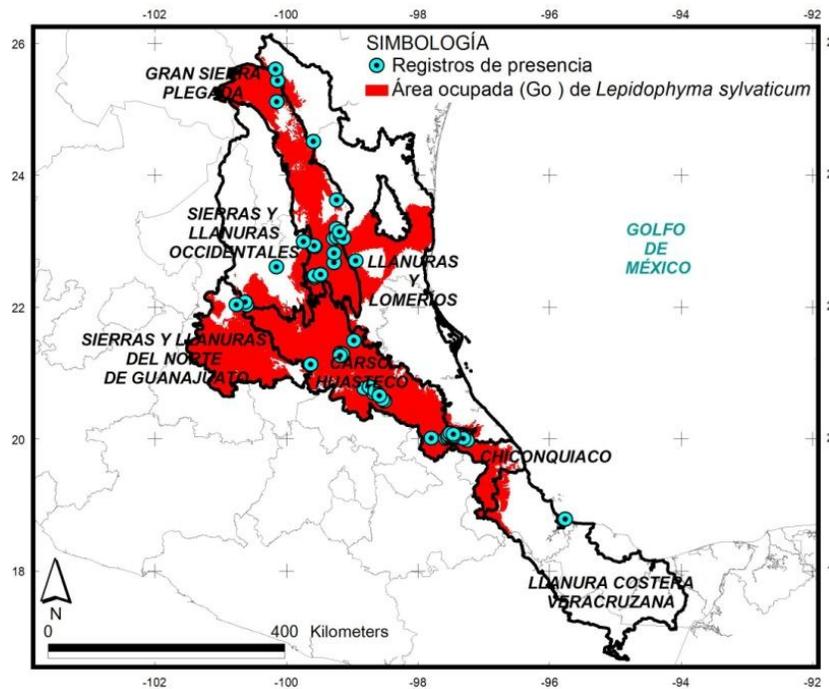


Figura 115.  $G_0$  de *L. sylvaticum* obtenida con GARP.

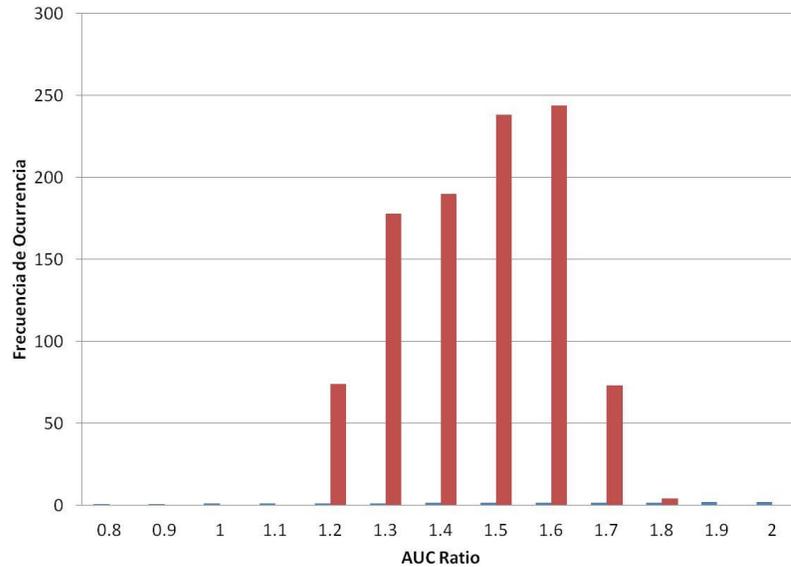


Figura 116. *AUC ratio* obtenido con ROC parcial para el modelo de *L. sylvaticum* obtenido con MAXENT.

La evaluación con ROC Parcial del modelo obtenido con MAXENT fue aceptable debido a que la mayor frecuencia de ocurrencia de *AUC Ratio* se detectó en categorías de  $> 1.4$  (ver Figura 116). Sin embargo, es de resaltar que ninguno de los dos algoritmos predijeron la presencia de la localidad de Alvarado, situada en el centro de Veracruz, donde se había registrado a la especie previamente (Bezy y Camarillo, 2002), lo cual se reflejó en el hecho de que una tercera parte de los *AUC Ratios* tuvieron valores cercanos a 1.

Es probable que sea necesario incluir más localidades pertenecientes a la porción sur del área de distribución de la especie para obtener mejores resultados, sin embargo, esto no es posible a la fecha, debido a que no se han realizado las prospecciones adecuadas. Otra posibilidad es que la población de Alvarado pertenezca en realidad a una especie distinta (como *L. flavimaculatum*), lo cual debe ser valorado en un futuro, el problema también puede deberse a una mala identificación taxonómica de algunos registros de *Lepidophyma* de San Luis Potosí y Tamaulipas, los cuales no pudieron ser verificados directamente y pudieran pertenecer a otra especie del género.

#### **9.C.4 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *Micrurus laticollaris***

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT considera que las áreas con probabilidad de presencia moderada a excelente de *M. laticollaris* se localizan dentro de las tierras bajas de la cuenca del Balsas (INEGI-INE-CONAGUA, 2007), la

depresión del Tepalcatepec y la cuenca del río Armería (ver Figura 117). GARP tiende a marcar como áreas de alta probabilidad de presencia a las mismas regiones (ver Figura 118), si bien ambos modelos difieren en cuanto a la extensión de las áreas de mayor presencia, particularmente en las porciones contiguas de la Sierra de la Costa de Jalisco y Colima, Sierra de Jalisco, Volcanes de Colima, Cordillera Costera del Sur y Sierras Centrales de Oaxaca.

Después de realizar el recorte de ambos modelos empleando los umbrales correspondientes se advirtió una notoria coincidencia en el área de presencia predicha para la especie (ver Figura 119 y Figura 120), la cual coincide con las áreas de mayor probabilidad de presencia descritas previamente.

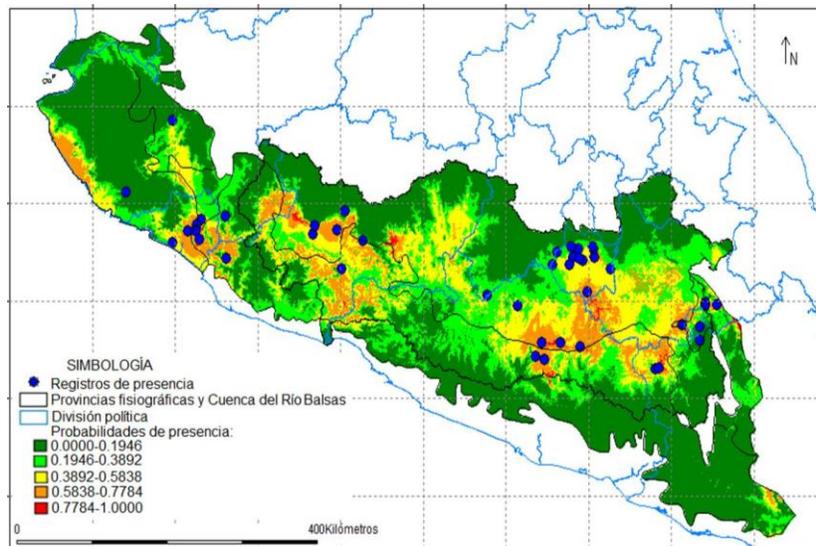


Figura 117. Modelo de distribución potencial final obtenido para *M. laticollaris* mediante MAXENT.

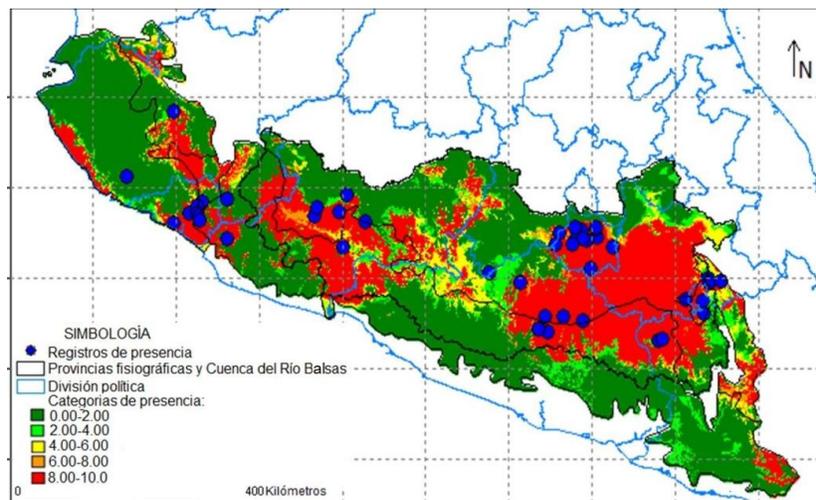


Figura 118. Modelo de distribución potencial final obtenido para *M. laticollaris* mediante GARP.

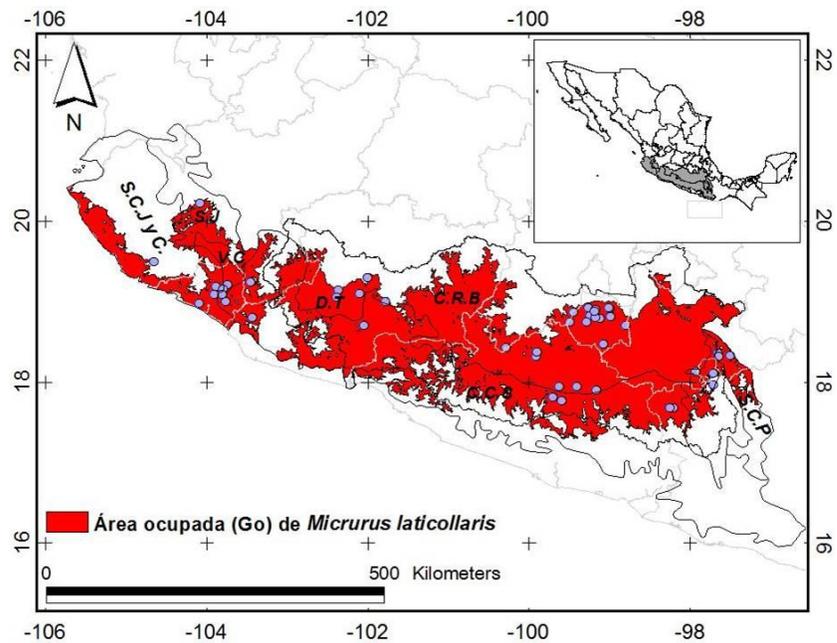


Figura 119.  $G_0$  seleccionada para *M. laticollaris* de acuerdo con el mejor modelo obtenido con MAXENT.

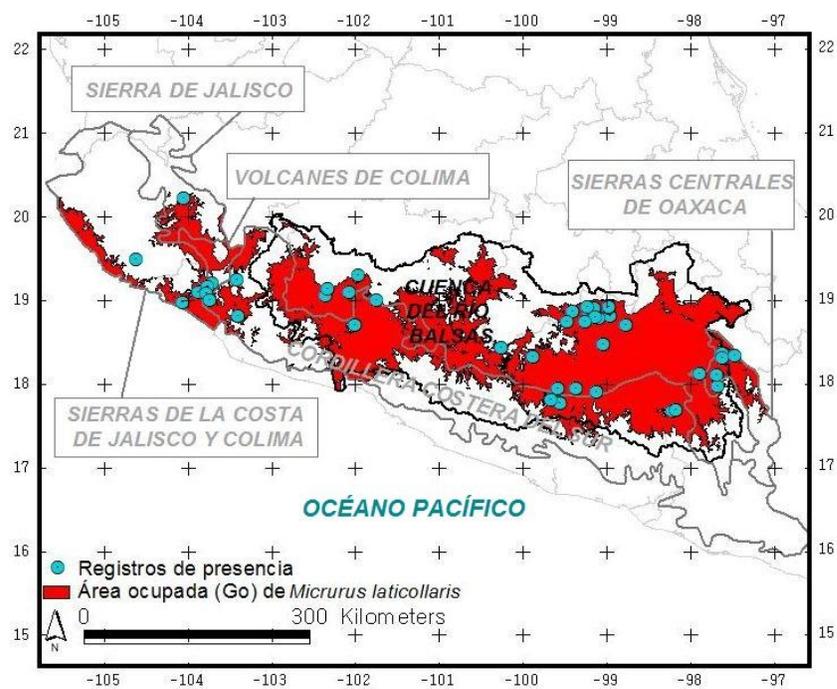


Figura 120.  $G_0$  seleccionada para *M. laticollaris* de acuerdo con el mejor modelo obtenido con GARP.

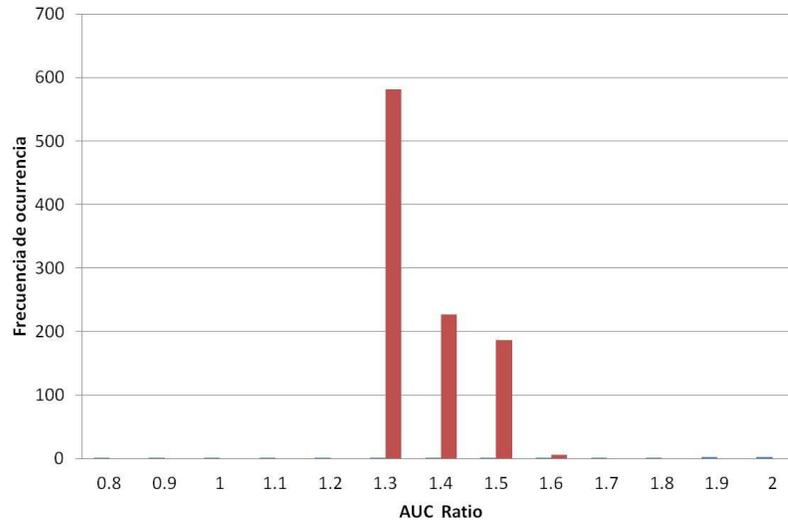


Figura 121. AUC ratio obtenido con ROC parcial para el modelo de *M. laticollaris* obtenido con MAXENT.

### **9.C.5 Evaluación de los modelos de distribución potencial obtenidos con MAXENT y GARP para *Crotalus transversus***

El modelo final de distribución potencial obtenido con MAXENT (ver Figura 122) y GARP (ver Figura 123) coinciden en indicar que las áreas con mayor probabilidad de presencia de *C. transversus* se localizan dentro de la provincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, particularmente en el corredor formado por la Sierra del Ajusco-Chichinautzin y Sierra de las Cruces, así como en las faldas del volcán Nevado de Toluca. También se detectaron zonas de probabilidad de presencia alta a moderada en la Sierra Nevada. GARP tiende a predecir una mayor área de presencia de la especie en la subprovincia fisiográfica Mil Cumbres, especialmente en la Sierra de Chincua, así como en Lagos y Volcanes de Anahuac.

Considerando los registros disponibles de la especie (Camarillo y Campbell, 1993, 2002; Campbell y Lamar, 2004), el área ocupada ( $G_0$ ) de *C. transversus* se localiza en la Sierra Ajusco-Chichinautzin y la Sierra de las Cruces ya que es el área de predicción donde se ha confirmado la presencia de la especie. Ambos modelos (ver Figura 124 y Figura 125) coinciden en que la mayor probabilidad de presencia se localiza en dicha área, la extensión predicha por GARP es ligeramente mayor que la predicha por MAXENT.

El Nevado de Toluca, la Sierra Nevada y otras áreas con probabilidades de presencia excelente y buena constituyen un área invadible para la especie ( $G_1$ ) y son considerados sitios de sobrepredicción dado que no se ha confirmado la presencia de *C.*

*transversus* (CONANP, 2002; Vega-López *et al.* 1992; Casas-Andreu *et al.* 1997, Salcedo-Vargas, 1986) Ambos modelos finales tuvieron un buen desempeño evaluado con el estadístico D propuesto por Pearson *et al.* (2007) (ver Cuadro 33). GARP tuvo el menor error de omisión al predecir la localidad excluida en los 10 mejores modelos. MAXENT aparentemente tiene un error de comisión más bajo.

Cuadro 33. Evaluación de los modelos de distribución potencial de *C. transversus* mediante los estadísticos propuestos por Pearson *et al.* (2007).

ALGORITMO EMPLEADO	LOCALIDADES DE PRUEBA PREDICHAS EXITOSAMENTE	D	P
MAXENT	9	0.82	0
GARP	11	1.0	0

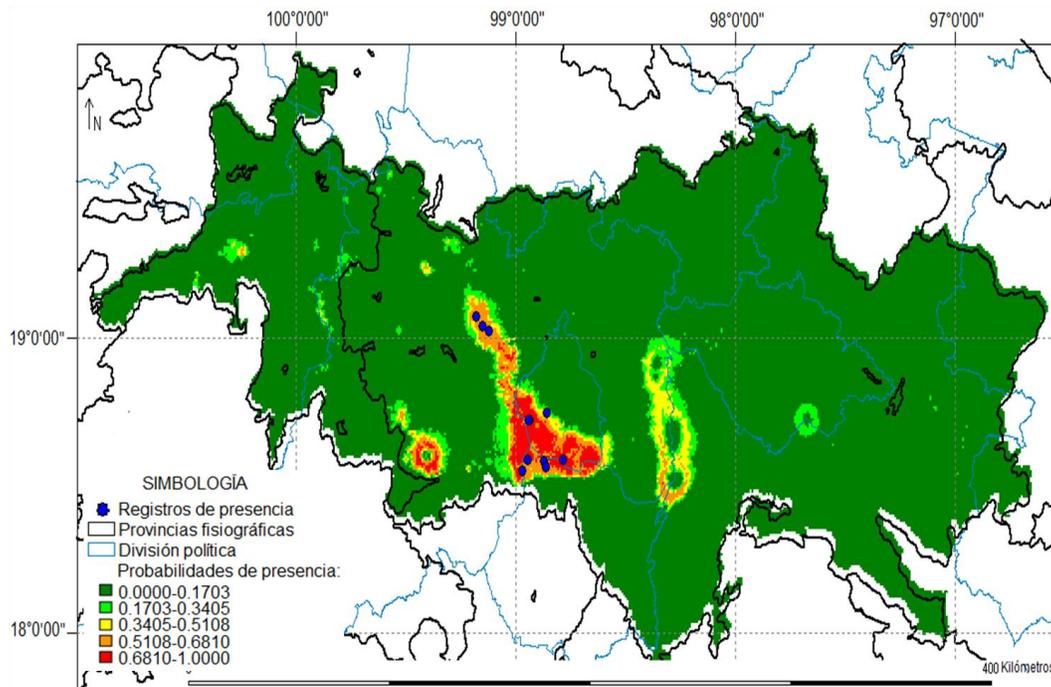


Figura 122. Modelo de distribución potencial para *C. transversus* obtenido mediante MAXENT.

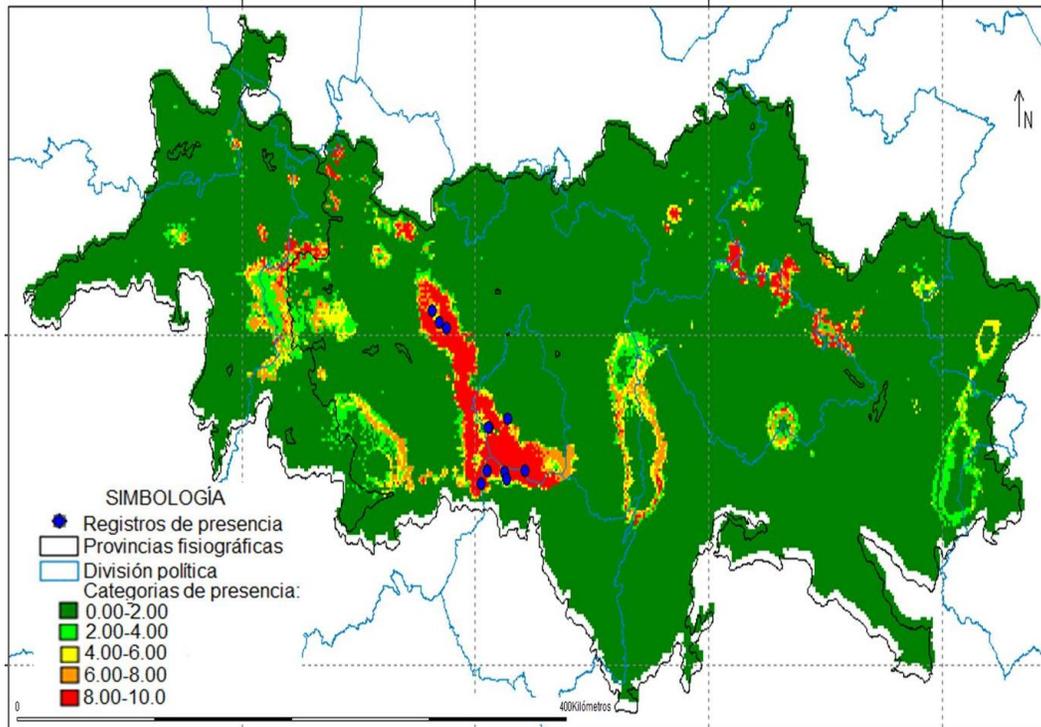


Figura 123. Modelo de distribución potencial para *C. transversus* obtenido mediante GARP.

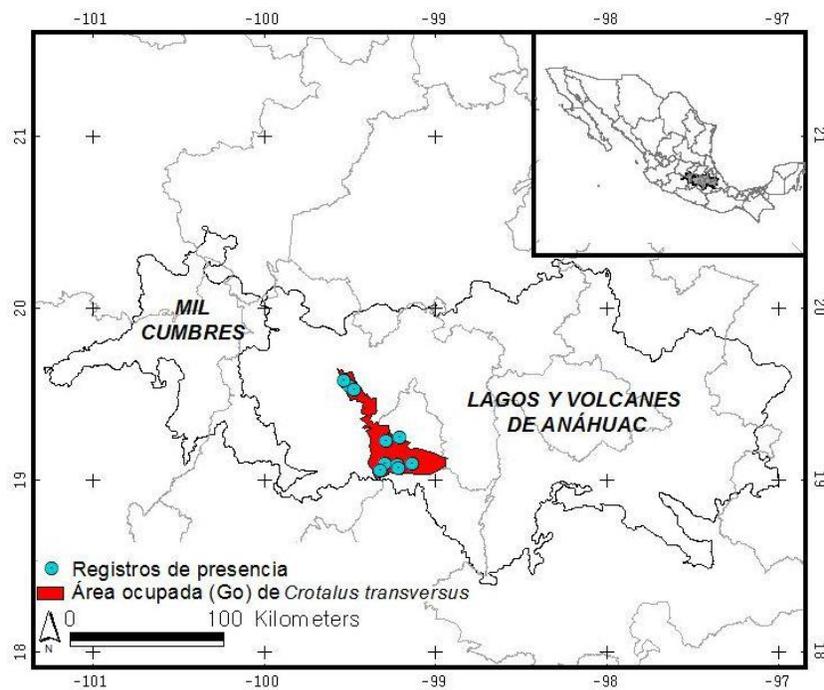


Figura 124. Go de *C. transversus* obtenida con MAXENT.

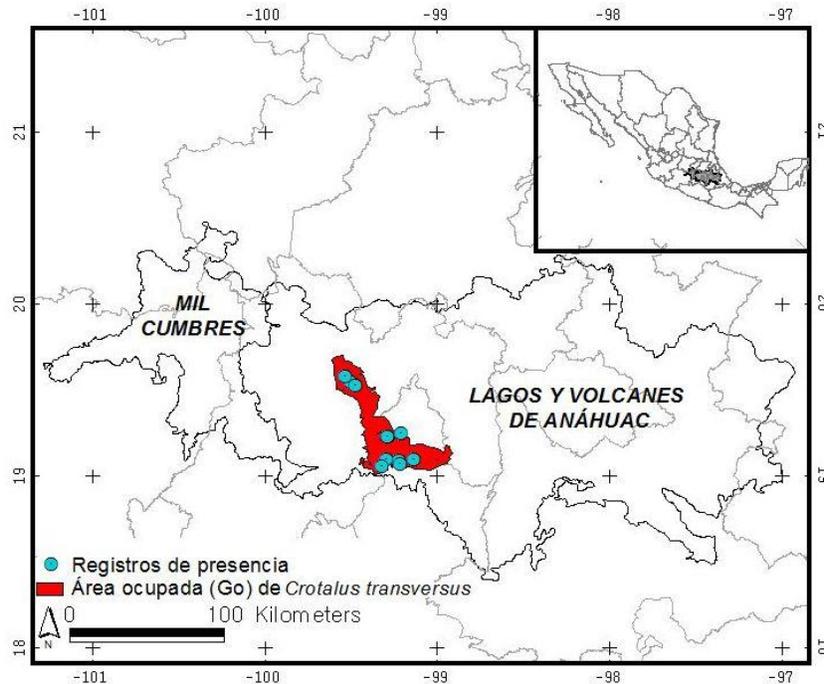


Figura 125. Go de *C. transversus* obtenida con GARP.

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Algunos autores no recomiendan la realización de modelos de distribución potencial cuando se cuenta con escasas localidades de presencia (Kadmon *et al.* 2003; Dixon *et al.* 2005) ya que a menor número de localidades, el ajuste de los modelos decrece. Stockwell y Peterson (2002) así como Peterson *et al.* (2007) han demostrado que el empleo del algoritmo Maxent en el modelaje de distribución potencial puede generar resultados satisfactorios con 10 o incluso menos localidades. Lo anterior sustenta el modelaje de cinco de las especies incluidas en el presente proyecto (*C. multidentatus*, *Lithobates johni*, *Lepidophyma micropholis*, *L. occulor* y *C. transversus*).

Los modelos obtenidos para las cinco especies incluidas en el proyecto con menos de 25 localidades de presencia deben ser evaluados cautelosamente. De acuerdo con Pearson *et al.* (2007), dichos modelos únicamente permite identificar aquellas regiones con condiciones ambientales similares a los sitios donde se ha registrado la especie, como tal, su utilidad como referencia en la estimación del área de distribución de la especie probablemente sea limitada en algunas circunstancias.

La utilidad inmediata de los modelos generados para las cinco especies mencionadas es servir como marco de referencia para guiar prospecciones en campo tendientes a la búsqueda de dichas especies, todas ellas incluidas en categorías de

riesgo o especies raras (Kumar y Stohlgren, 2009). En el caso de las especies incluidas en el presente estudio, dichos modelos han permitido hallar nuevas poblaciones de *Lithobates johni* y *C. transversus* (*datos inéditos*). Otra utilidad de los modelos generados es que, considerando la carencia de información biológica y escasez de localidades, dichos modelos pueden constituir una aproximación a la amplitud geográfica del taxón en las evaluaciones del riesgo de extinción de la especie según el método del MER (Norma Oficial Mexicana SEMARNAT-059-2010) y la Lista Roja de Especies en Peligro de IUCN. Es evidente que los modelos serán mejorados en la medida que se descubran nuevas localidades de presencia, por lo que a futuro deberán ser reemplazados por modelos generados con un mayor número de localidades.

Cabe resaltar que los modelos de las cinco especies mencionadas tienen como fortaleza haber sido construidos a partir de localidades de presencia plenamente confirmada, cuyas coordenadas fueron revisadas exhaustivamente siguiendo los lineamientos establecidos por la CONABIO para la georreferenciación de localidades. Lo anterior permitió que los modelos se ajustaran mejor a la distribución geográfica actual o inferida de dichas especies así como a la historia geográfica del taxón, siendo una virtud de los mismos el predecir correctamente como áreas de alta probabilidad de presencia sitios donde recientemente se ha colectado la especie (como el caso de *L. johni* o *L. occulor*), cosa que no hacen los modelos de distribución previamente publicados como es el caso de Ochoa-Ochoa *et al.* (2006).

A juicio de los autores del presente informe, los modelos construidos con menos de 25 localidades de presencia más confiables fueron los de *Lithobates johni*, *Lepidophyma occulor* y *Crotalus transversus*. En cambio, los modelos de *L. micropholis* y particularmente *C. multidentatus* deben ser mejorados incluyendo un mayor número de localidades. Otra forma de mejorar los modelos obtenidos es considerar capas bioclimáticas con mayor resolución (menor a 30'). En el caso particular de *C. multidentatus* debe considerarse el grado de diferenciación genética, ya que el aislamiento de varias de sus poblaciones es muy alto, por tanto es posible que alguna de las poblaciones previamente asignadas a dicha especie en realidad corresponda a otra especie, lo cual probablemente sea la causa de que los resultados modelando a *C. multidentatus* no hayan sido tan satisfactorios.

En el caso de las especies con más de 25 localidades de presencia (*Plectrohyla charadricola*, *Anolis naufragus*, *Lepidophyma gaigeae*, *L. sylvaticum* y *Micrurus laticollaris*) los modelos obtenidos con MAXENT fueron satisfactorios a juzgar por la evaluación con ROC Parcial. Estos modelos probablemente sean bastante útiles para evaluar la distribución geográfica de las especies mencionadas e incluso sugieren información inédita sobre distribución, como por ejemplo, el hecho de que *L. gaigeae* se distribuye en

las barrancas semiáridas de los ríos Moctezuma y sus tributarios, o que la distribución de *A. naufragus* puede ser continua y no dividida en dos áreas de distribución aisladas.

Igual que en el caso anterior, dichos modelos serán mejorados en la medida que se descubran nuevas localidades de presencia y se exploren sistemáticamente las regiones geográficas donde predican la presencia de las especies implicadas. Se considera que los modelos más satisfactorios fueron los de *P. charadricola*, *A. naufragus* y *L. gaigeae*. En cambio, los modelos de *L. sylvaticum* y *M. laticollaris* pueden ser susceptibles de ser mejorados conforme se reporten localidades de presencia situadas en áreas que constituyen huecos en la distribución de las localidades conocidas, ya que durante el proceso de modelaje se advirtió que se trata de especies cuyas localidades se concentran en regiones muy específicas dejando huecos muy notables entre los grupos de localidades conocidas. En el caso de *L. sylvaticum* debe corroborarse la identidad taxonómica de algunos de los registros de presencia conocidos para la especie, particularmente de registros procedentes de San Luis Potosí y Veracruz.

Finalmente, de acuerdo con la distribución conocida o inferida, la disponibilidad de registros de presencia y la historia biogeográfica del taxón, los modelos obtenidos con MAXENT suelen ser más congruentes que los generados por GARP, independientemente de su evaluación con ROC Parcial o el estadístico D propuesto por Pearson *et al.* (2007). Por lo pronto, se recomienda el empleo de los modelos generados con MAXENT ya que los modelos generados por GARP tienen una fuerte tendencia a sobrepredecir el área ocupada de las especies incluidas en el presente proyecto. A futuro, debe realizarse una comparación objetiva de ambos tipos de modelos, a efecto de discernir la utilidad de cada uno de ellos.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Miguel, X. 2005. *Chiropetrotriton multidentatus*. Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Facultad de Ciencias, Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W035. México. D.F.

- Anderson, R. P., D. Lew, y A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecol. Modell.* 162: 211–232.
- Anderson, R. P. y A. Raza. 2010. The effect of the extent of the study region on GIS models of species geographic distributions and estimates of niche evolution: preliminary tests with montane rodents (genus *Nephelomys*) in Venezuela. *Journal of Biogeography*, 37: 1378–1393.
- Arévalo-Negrete, A. X. Flores-Leyva y J. I. Campos-Rodríguez. 2010. Modelaje de la distribución potencial de la rana en peligro de extinción *Lithobates johni* (Familia: Ranidae) en México. Memorias de la XI Reunión Nacional de Herpetología, Estado de México. 2010.
- Armstrong, B. L. y J. B. Murphy. 1979. The Natural History of Mexican Rattlesnakes. University of Kansas Museum of Natural History, Spec. Publications 5: 1-83.
- Barve, N., V. Barve, A. Jiménez-Valverde, A. Lira-Noriega, S. P. Maher, A. T. Peterson, J. Soberón, y F. Villalobos. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*, 222:1810–1819.
- Beja, P. y R. Alcazar. 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification: an evaluation using amphibians. *Biological Conservation* 114: 317-326.
- Benito B. M. M. Martínez-Ortega, L. M. Muñoz, J. Lorite y J. Peñas. 2009. Assessing extinction-risk of endangered plants using species distribution models: a case study of habitat depletion caused by the spread of greenhouses. *Biodiv. Conserv.* doi: 10.1007/s10531-009-9604-8.
- Bezy, R.L. y J.L. Camarillo R. 1984. Systematics of Xantusiid lizards of the genus *Lepidophyma* in northeastern Mexico. *Contributions in Science*, 349:1–16.
- Bezy, R. L. y Camarillo R., J. L. 2002. Systematics of Xantusiid lizards of the genus *Lepidophyma*. *Contributions in Science Los Angeles County Museum* 493: 1-41.
- Blair, A. P. 1947. A new *Rana* from San Luis Potosí, México. *Amer. Mus. Novit.*, 1353:1-17.

- Blair, A. P. 1965. *Rana johni*, substitute name for the frog *Rana moorei* Blair. *Copeia* 1965:517.
- Camarillo, J. L. y J. A. Campbell. 1993. A second confirmed population of the rare Mexican rattlesnake, *Crotalus transversus* (Serpentes: Viperidae). *Texas Journal of Science* 45: 178–179.
- Camarillo, J.L. 1993. Geographic distribution. *Lepidophyma occulor*. *Herpetological Review*, 24:109.
- Camarillo-R, J. L. 1995. Distribution records for some amphibians and reptiles from Mexico. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*: 195-197.
- Camarillo-R, J. L. 2002. Observaciones sobre la Historia Natural de *Crotalus transversus* (SQUAMATA: VIPERIDAE). *Biol. Soc. Herpetol. Mex.* 10(1):7-9.
- Camarillo-R, J. L. y Casas-Andreu, G. 1998. Notas sobre la herpetofauna del área comprendida entre Zacualtipán, Hidalgo y Huayacocotla, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 69(2): 231-237.
- Campbell J. A., Hillis, D. M. y Lamar, W. W. 1989. A new lizard of the genus *Norops* (Sauria: Iguanidae) from the cloud forest of Hidalgo, Mexico. *Herpetologica* 45(2): 232-242.
- Campbell, J. A. 1982. A confusing specimen of rattlesnake from Cerro Tancitaro, Michoacán, México. *Southwest. Nat.* 27(3):353.
- Campbell, J. A. 1988. *Crotalus transversus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles.*, 450.1-450.3.
- Campbell, J. A. y W. W. Lamar. 2004. *The Venomous reptiles of the Western Hemisphere Volumen II*. Comstock Publishing Associates A División of Cornell University Press, Ithaca and London. 870 pp.
- Campos-Rodríguez, J. I. y X. Flores-Leyva. 2010. Modelaje de la distribución potencial de las especies de *Lepidophyma* en el noreste de México y su representación dentro del Sistema de Áreas Naturales Protegidas. *Memorias del 1<sup>ER</sup> Congreso de la Asociación para Investigación y Conservación de Anfibios y Reptiles (AICAR)*, Chiapas, 2010.

- Campos-Rodríguez J. I., B. Pérez-Valera, L. E. Evaristo-Aguilar y R. Hernández-Arciga. 2009. Extensiones de distribución de reptiles para el estado de Guanajuato, México. *Vertebrata Mexicana*, 22: 13-16.
- Campos-Rodríguez J. I., C. Elizalde-Arellano, J. C. López-Vidal, G. F. Aguilar-Martínez, S. N. Ramos-Reyes y R. Hernández-Arciga. 2009. Nuevos registros de anfibios y reptiles para Guanajuato procedentes de la Sierra Gorda de Guanajuato y zonas adyacentes. *Acta Zoológica Mexicana*, n. s. 25(2): 269-282.
- Campos-Rodríguez, J. I., E. Soto-Galera, J. Paulo-Maya y J. A. Serna-Hernández. 2012a. Nuevas localidades y descripción del hábitat para la rana *Lithobates johni*, especie endémica en peligro de extinción. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:566-568.
- Campos-Rodríguez, J. I., F. L. López-Galicia y X. Flores-Leyva. 2012b. Nuevo registro de la rana en peligro de extinción *Lithobates johni* en la Huasteca y consideraciones sobre su distribución actual. *Acta Zoológica Mexicana* 28: 475-478.
- Campos-Rodríguez, J. I., L. Chambert, M. del Carmen Díaz, R. Hernández-Arciga y F. Mendoza-Quijano. 2004b. Geographic Distribution: *Lepidophyma occulor*. *Herpetological Review*, 35 (3):288-289.
- Canseco-Márquez, L., Mendoza-Quijano, F. y Gutierrez-Mayen, G. 2004. Análisis de la distribución de la Herpetofauna. In: I. Luna, J.J. Morrone and D. Espinosa (eds) *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, pp. 417-437. Las Prensas de Ciencias, México, D. F.
- Casas-Andreu, G. R., X.M. Aguilar y E.O. Pineda-Arredondo. 1997. Capítulo 1. Anfibios y Reptiles. En: Aguilera, U. y O. Monroy (eds.). *Lista Taxonómica de los Vertebrados Terrestres del Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México. Pp. 9-52.
- Centenero-Alcala, E., U. O. García-Vázquez, A. A. Mendoza-Hernández, J. G. Zamora-Abrego y V. H. Jiménez-Arcos. 2010. Geographic distribution: *Crotalus transversus*. *Herpetological Review* 41(4):515-516.
- Cervantes-Zamora, Y., S. L. Cornejo-Olgín, R. Lucero-Márquez, J. M. Espinoza-Rodríguez, E. Miranda-Viquez y A. Pineda-Velázquez. 1990. Provincias Fisiográficas de México. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000.

Instituto de Geografía, UNAM. México. Disponible en línea  
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Fecha de consulta 9/01/2011).

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2002. Programa de manejo Parque Nacional Iztaccícuatl Popocatepetl. Amecameca.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2008. Georreferenciación de localidades de Colecciones Biológicas. Manual de Procedimientos. México. 177 págs.

Darda, D. 1994. Allozyme variation and morphological evolution among Mexican salamanders of the genus *Chiropterotriton*. *Herpetologica* 50: 164-187.

Davis, W. B. y H. M. Smith. 1953. Snakes of the Mexican state of Morelos. *Herpetologica* 8(4):133–143.

Dixon, J. R., Ketchersid, C.A. y Lieb, C.S. 1972. The herpetofauna of Queretaro, Mexico, with remarks on taxonomic problems. *Southwestern Naturalist* 16: 225-237.

Dixon, J.R., y R. G. Webb. 1965. *Micrurus laticollaris* Peters, from Jalisco, Mexico. *Southwest. Nat.*, 10(1):77.

Dixon, James R., y J. A. Lemos-Espinal. 2010. Amphibians and Reptiles of the state of Queretaro, Mexico. Tlalnepantla, UNAM, 428 pp.

Duellman, W. E. 1958. A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 114:1-152.

Duellman, W. E. 1961. The amphibians and reptiles of Michoacan, Mexico. University of Kansas Publications Museum of Natural History, 15:78.

Duellman, W. E. 1965. A biogeographic account of the Herpetofauna of Michoacan, México. University of Kansas Publications Museum of Natural History, 15(14):627-709.

Duellman, W.E. 2001. *The Hylid Frogs of Middle America*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York, USA.

Durán-Fuentes, I., E. Pérez-Ramos y A. Mendoza-Hernández. 2006. Geographical distribution: *Rana johni*. *Herpetological Review* 37:359.

- Elith J. C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudik, S. Ferrier, A. Guisan, R. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T., Peterson S. J., Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberon, S., Williams, M. Wisz y N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Faivovich, J., Haddad, C.F.B., Garcia, P.C.O., Frost, D.R., Campbell, J.A. and Wheeler, W.C. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: Phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294: 1-240.
- Flores-Leyva, X. y J. I. Campos-Rodríguez. 2010. Presencia de *Micrurus laticollaris* (Peters, 1969) en el Estado de México. *Boletín de la Sociedad Herpetologica Mexicana*, 18(1):17-21.
- Frost, D. R. 2013. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.6 (9 January 2013). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Frost, D. R., y S. Aird. 1978. Geographic distribution: *Micrurus laticollaris*. *Herpetological Review*, 9(2): 62.
- García-Vázquez, U. O., I. Solano Zavaleta y A. Nieto Montes-Oca. 2008. Geographic distribution. *Crotalus transversus*. *Herpetological review* 39(4):484.
- González, A. 1995. Distributional notes for the night lizard *Lepidophyma gaigeae* (Xantusiidae). *Herpetological Review* 26(1): 15-17.
- Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C. & A. T. Peterson. (2004a) New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution*, 19, 497-503.
- Heimes, P. y R. A. Cortés. 2004. Verbreitung und Typus-Fundort von *Crotalus transversus* Taylor, 1944. *Salamandra*, Rheinbach, 40(1): 91-96.
- Hernández P. A., C. H. Graham, L L. Master y D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29: 773-785.

- Herrmann, H. L., K. J. Babbitt, M. J. Baber y R.G. Congalton. 2005. Effects of landscape characteristics on amphibian distribution in a forest-dominated landscape. *Biological Conservation*, 123: 139-149.
- Hijmans, R. J., L. Guarino, C. Bussink, P. Mathur, M. Cruz, Israel Barrantes y E Rojas. 2004. Manual de Sistema de información Geográfica para Análisis de Datos de Distribución de Especies (DIVA-GIS) versión 4. USA.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P. & Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978.
- INEGI. 2004. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1,000,000. Serie I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Disponible en línea en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/fisiografia/InfoEscala.aspx> (Fecha de consulta: 12/Enero/2013).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). 2007. Mapa de Cuencas Hidrográficas de México, 2007. Escala 1:250,000. México, D.F. Elaborado por Priego A.G., E. Isunza, N. Luna y J. L. Pérez. Disponible en línea en [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/cue250k\\_07gw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/cue250k_07gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no) (Fecha de consulta: 12/Enero/2013).
- Klauber, L. M. 1952. Taxonomic studies of the rattlesnakes of mainland Mexico. *Bull. Zool. Soc. San Diego*, 26:1-143.
- Klauber, L. M. 1952. Rattlesnakes: their habits, life histories and influence on mankind. Second edition. Berkeley and Los Angeles, Univ. California Press. 2nd edition. 2 vol. pp. 1533.
- Klauber, L. M. 1971. Classification, distribution, and biology of the venomous snakes of the northern Mexico, the United States, and Canada: *Crotalus* and *Sistrurus*. En (Ch 26): Bucherl, W. y E. E. Buckley. 1971. *Venomous Animals and Their Venoms. Vol. 2. Venomous Vertebrates*. Academic Press. New York-London. Pp 115-156.

- Kumar, S. y T. J. Stohlgren. 2009. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment*, 1(4): 94-98.
- Lobo, J. M., A. Jiménez-Valverde y R. Real. 2007. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology Biogeography*, 17: 145–151.
- Martín del Campo, R. 1940. Nota acerca de algunos vertebrados de las lagunas de Cempoala y sus alrededores. *An. Inst. Biol. Univ. México*, 11:741-743.
- Martin, P.S. 1958. A biogeography of reptiles and amphibians in the Gomez Farias region, Tamaulipas, Mexico. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*: 1-102.
- Martinez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species potential distributions. *Biodiversity Informatics*, 2: 42-55.
- McGarigal, K., S. Cushman y S. Stafford. 2000. *Multivariate Statistic for Wildlife and Ecology Research*. Springer-Verlag, New York, U.S.A.
- Mendoza-Quijano, F. 2007. *Anolis naufragus*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 12 September 2013.
- Mendoza-Quijano, F. 2007. *Lepidophyma gaigeae*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 12 September 2013.
- Mendoza-Quijano, F. 2007. *Lepidophyma sylvaticum*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 12 September 2013
- Mosauer, W. 1936. A new xantusiid lizard of the genus *Lepidophyma*. *Herpetologica* 1: 3-5
- Ochoa-Ochoa, L., O. Flores-Villela, U. García-Vázquez, M. Correa-Cano y L. Canseco-Márquez. 2006a. Áreas potenciales de distribución de la herpetofauna de México. Especies: *Rana johni* (recortes). Extraído del Proyecto DS0009 “Áreas potenciales de distribución y GAP Análisis de distribución y GAP análisis de la herpetofauna de México”. Museo de Zoología

“Alfonso L. Herrera” Facultad de Ciencias, UNAM. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Ochoa-Ochoa, L., O. Flores-Villela, U. García-Vázquez, M. Correa-Cano y L. Canseco-Márquez. 2006b. Áreas potenciales de distribución de la herpetofauna de México. Especies: *Rana johni* (recortes). Extraído del Proyecto DS0009 “Áreas potenciales de distribución y GAP Análisis de distribución y GAP análisis de la herpetofauna de México”. Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” Facultad de Ciencias, UNAM. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Ortega-Huerta, M.A. y Peterson, A. T. (2004) Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Diversity and Distributions*, 10, 39-54.

Papes M. y P. Gaubert. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Divers. Distrib.* 13: 890-902.

Parra-Olea G., D. Wake y J. Raffaelli 2004. *Chiropterotriton multidentatus*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 12 September 2013.

Parra-Olea, G., García-París, M. y Wake, D. B. 1999. Status of some populations of Mexican salamanders. *Revista de Biología Tropical*: 217-223.

Pearson, R. G. 2007. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History. Available at <http://ncep.amnh.org>.

Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura y A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *J. Biogeo.* 34: 102-117.

Peterson A. T, M. Papes y J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling*, 213: 63-72.

Peterson A.T, M. Papes y M. Eaton. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.

- Peterson, A. T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modelling. *Quarterly Review of Biology*, 78, 419-433.
- Peterson, A. T., J. Soberón y V. Sánchez-Cordero. 1999 Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science*, 285, 1265-1267.
- Phillips, S. J. y M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161-175.
- Phillips, S. J., M. Dudik y R. E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*. ACM. Press, New York, pp. 655–662.
- Phillips, S.J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Rabb, G.B. 1958. On certain Mexican salamanders of the plethodontid genus *Chiropetrotriton*. *Occasional Papers of the Museum of Zoology of the University of Michigan*: 1-37.
- Ramírez Bautista, A., F. Mendoza Quijano y M. C. Arizmendi. 2004. *Anolis naufragus*. Estatus y conservación de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W043. México. D.F.
- Ramírez Bautista, A., F. Mendoza Quijano y M. C. Arizmendi. 2004. *Hyla charadriicola*. Estatus y conservación de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W043. México. D.F.
- Ramírez Bautista, A., F. Mendoza Quijano y M. C. Arizmendi. 2004. *Lepidophyma gageae*. Estatus y conservación de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W043. México. D.F.
- Ramírez Bautista, A., F. Mendoza Quijano y M. C. Arizmendi. 2004. *Lepidophyma sylvaticum*. Estatus y conservación de algunos anfibios y reptiles de México.

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W043. México. D.F.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano, R. Cruz-Elizalde, B. P. Stephenson, V. D. Vite-Silva y A. Leyte-Manrique. 2010. Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería (ICBI). CONABIO. México. P 44.

Raxworthy, C. J., Martínez-Meyer, E., Horning, N., Nussbaum, R.A., Schneider, G.E., Ortega-Huerta, M.A. & Peterson, A.T. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, 426, 837-841.

Reyes, F., F. Mendoza-Quijano y L. Díaz-Vite. 1996. Redescubrimiento de *Rana johni* en la Huasteca (Potosina-Hidalguense). Memorias de la 6ª reunión nacional de Herpetología. Instituto de Historia Natural-Sociedad Herpetológica Mexicana, p. 14.

Roze, J. A. 1967. A checklist of the New World venomous Coral Snakes (Elapidae), with descriptions of new forms. *American Museum Novitates* (2287): 1-60.

Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

Rzedowski J. 1991. Diversidad y Orígenes de la flora Fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14: 3-21.

Salcedo-Vargas, A. M. 1986. Anfibios y reptiles del Parque Nevado de Toluca, estado de México (guía de campo). Resúmenes Primera Reunión Nal. Herp: 13.

Santos-Barrera G., y L. Canseco-Márquez 2004. *Plectrohyla charadricola*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 12 September 2013.

Schmidt, K. P. 1933. Preliminary account of the coral snakes of Central America and Mexico. *Field Mus. Nat. Hist. Zool. Ser.* 20: 29-40.

Schmidt, K. P. 1936. Notes on Central American and Mexican coral snakes. *Field Mus. Nat. Hist. Zool. Ser.* 20: 205-216.

- Schmidt, Karl P. 1958. Some rare or little-known Mexican coral snakes *Fieldiana: Zoology* 39 (19): 201-212.
- Soberón, J. & Peterson, A.T. (2004) Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 359, 689-698.
- Soberón, J. y Peterson, A.T. (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10.
- Soberón, J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10: 1115-1123
- Soberón, J. 2010. Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography*, 33:159-167.
- Soberón, J. y M. Nakamura. 2009. Niches and distributional areas: concepts, methods and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 19644-19650.
- Sprott, D. A. 2000. *Statistical Inference in Science*. Springer-Verlag, New York.
- Stockwell, D. R. B. y Noble, I.R. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. *Math. Comp. Simul*, 32, 249-254.
- Stockwell, D. R. B. y Peterson, A.T. (2002) Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, 148, 1-13.
- Taylor, E. H. 1944. Two new species of crotalid snakes from México. *Kansas Univ. Sci. Bull.* 30:47-56.
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Ferreira de Siquira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L. & Williams, S.E. (2004) Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145-148.
- VanDerWal, J., L.P. Shoo., C.N. Johnson y S. E. Williams. 2009. Abundance and the environmental niche: Environmental suitability estimated from niche models predicts the upper limit of local abundance. *American Naturalist*, 174: 282-291.

Wake, D. B. 1987. Adaptive radiation of salamanders in Middle American cloud forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 242-264.

Webb, R. G. 1988. Frogs of the *Rana tarahumarae* group in Eastern México. Occ. Pap. Mus. Texas Tech Univ. 121:1-15.

Wisz, M.S., J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham, A. Guisan y NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Divers. Distrib.* 14: 763-773.