

Informe final* del Proyecto JM007
Geographic distribution of lizards (genus Plestiodon) and hummingbirds endemics of México" (Distribución geográfica de lagartijas (género Plestiodon) y colibríes endémicos de México)

Responsable: Dra. Teresa Patricia Feria Arroyo
Institución: The University of Texas
Pan American
Dirección: 1201 W University Drive, Edinburg, 78539 , Estados Unidos
Correo electrónico: tpferia@utpa.edu
Teléfono/Fax: (956) 665-7322 Texas, EUA
Fecha de inicio: Abril 30, 2013.
Fecha de término: Diciembre 21, 2016.
Principales resultados: Base de datos, cartografía, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Feria Arroyo, T. P., Lara, C., Dale, Jon., Cavazos, A. L., Oyervides, M. y M. Feria. 2016. Geographic distribution of lizards (genus Plestiodon) and hummingbirds endemics of México" (Distribución geográfica de lagartijas (género Plestiodon) y colibríes endémicos de México). Universidad de Texas-Pan American. **Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. JM007.** Ciudad de México.

Resumen:

The great biological richness and the high number of endemism of Mexico are being threatened, because of the excessive transformation of habitat that occurs in different regions of the country, in addition to other factors. Thus, it is urgent to document the distribution of Mexican species, particularly those that are endemic, in a category of risk, or that lack of detailed geographic information. The objective of this study is to contribute to the biogeographical knowledge of some endemic species of lizards and hummingbirds in Mexico. For this, a database with detailed information about the geographical distribution of 12 endemic lizard species of the Plestiodon genera, and 24 endemic species of hummingbirds, will be compiled by the exhaustive review of literature, personal databases of the participants of this project, and online databases (e.g., REMIB). Maps of potential distribution of the study species will be obtained with MaxEnt and 19 climatic variables. These maps will be evaluated quantitatively and qualitatively. During the quantitative evaluation, the presence data will be divided into the training data (70%), and test data (30%), and will be assessed by the AUC (Area Under the Curve), in the ROC statistic; this process will be conducted in MaxEnt. In the qualitative evaluation, group experts will be evaluating the maps according to their experience. After this, the maps with the best quantitative and qualitative evaluations will be edited to obtain more realistic maps of distribution of the study species. The editing of maps will be performed using maps of the biographic provinces, hydrological sub-basins, and land cover/use from INEGI. The results will be sent to CONABIO as in this call for grants, and will be presented in different national and international congresses, as well as published in per-review journals.

La gran riqueza biológica y el número tan alto de endemismos en México se ven amenazados, entre otros factores, por la desmedida transformación del hábitat que ocurre en algunas regiones del país. Por lo tanto resulta urgente documentar la distribución de sus especies, particularmente de aquellas que son endémicas, se encuentran en alguna categoría de riesgo, o bien se cuenta con pocos datos sobre su distribución. El objetivo de este estudio es contribuir con el conocimiento biogeográfico de algunas especies endémicas de lagartijas y colibríes de México. Para lo cual se compilará una base de datos con información detallada sobre la distribución geográfica de 12 especies endémicas de lagartijas del género Plestiodon y 24 especies de colibríes endémicos mediante la revisión exhaustiva de literatura, bases de datos personales de los participantes de este proyecto y bases de datos en línea (p.e., REMIB). Se obtendrán mapas

de distribución potencial para las especies de estudio mediante el uso de MaxEnt y 19 variables climáticas. Los mapas se evaluarán cuantitativa y cualitativamente. En la evaluación cualitativa, se dividirán los datos de presencia en datos de entrenamiento (70%) y datos de prueba (30%) y se evaluarán mediante el AUC (Area Under the Curve) en el estadístico ROC, proceso que se realizara en MaxEnt. En la evaluación cualitativa, los expertos de los grupos evaluarán los mapas de acuerdo a su experiencia. Posteriormente, los mapas que tengan las mejores evaluaciones cuantitativas y cualitativas se editarán para obtener mapas más realísticos de la distribución de las especies de estudio. La edición de mapas se realizará utilizando los mapas de Provincias Biogeográficas, Subcuencas Hidrológicas y Uso de Suelo y Vegetación de INEGI. Los resultados serán enviados a la Conabio conforme a las especificaciones de esta convocatoria y serán presentados en diferentes congresos nacionales e internacionales, así como publicados en revistas arbitradas.

- * 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
- ** 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.

A) Documento Final

I. **Título del Proyecto:** Distribución geográfica de lagartijas (genero *Plestiodon*) y colibríes endémicos a México.

II. Datos Generales

a. **Responsable:** Teresa Patricia Feria Arroyo; tpferia@utpa.edu

b. **Participantes:** expertos Manuel Feria Ortiz y Carlos Lara. Técnicos: Rogelio Cazarez, Ana L. Cabazos y Mayra Oyervides.

c. **Instituciones participantes:** The University of Texas-Pan American, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y Universidad Autónoma de Tlaxcala

III. Resumen ejecutivo.

El objetivo principal de este trabajo es contribuir con el conocimiento biogeográfico de 12 especies endémicas de lagartijas y 24 especies endémicas de colibríes de México (Anexo). Los objetivos particulares fueron:

1. Compilar una base de datos con información detallada sobre la distribución geográfica de las especies focales mediante la revisión exhaustiva de literatura, bases de datos personales de los participantes de este proyecto y bases de datos en línea.
2. Obtener mapas de distribución potencial para las especies de estudio mediante el uso de modelos de distribución de especies y variables climáticas.
3. Obtener mapas de distribución real para cada especie considerada mediante la edición de los mapas de distribución potencial con base en mapas de Provincias Biogeográficas, Subcuencas Hidrológicas y Uso de Suelo y Vegetación.

Los objetivos de trabajo 1 y 2 se cumplieron para todas las especies excepto para una especie de lagartija (*Plestiodon colimensis*) y dos especies de aves (*Amazilia villadai* y *Phaethornis superciliosus*). En el caso de *P. colimensis* no se contó con más de 4 localidades. En el caso de las especies de colibríes mencionadas la poca concordancia taxonómica con respecto al reconocimiento de las subespecies *Amazilia viridifrons villadai* y *Phaethornis superciliosus (longirostris) mexicanus*, dificultó la obtención precisa de datos. En este sentido, algunos autores solo reconocen dos subespecies para *Amazilia viridifrons*: *A. viridifrons viridifrons* y *A. viridifrons wagneri* (e.g. Weller 1999, Dickinson 2003). *Amazilia viridifrons viridifrons* (Elliot 1871); es encontrada en Guerrero y oeste de Oaxaca (llamada población oeste) y en el este de Oaxaca y Chiapas (llamada población este). Son Peterson y Navarro-Sigüenza (2000), quienes describen a la población del este como una subespecie separada, *villadai*. La gran mayoría de los registros encontrados para *A. viridifrons* raramente hacen la distinción entre estas subespecies, por lo cual la incertidumbre para precisar la distribución de *A. villadai* nos llevó al no cumplimiento de estos objetivos. Es el mismo caso para el complejo *Phaethornis superciliosus* compuesto por tres especies de origen probablemente monofilético: *P. superciliosus*, *P. malaris* y *P. longirostris*. En este complejo se reconocen 6 subespecies : *P. griseovente*, *P. longirostris*, *P.*

cephalus, *P. susurrus*, *P. baroni* y *P. mexicanus*. Esta última, considerada como endémica al oeste de nuestro país (Arbeláez-Cortéz y Navarro-Sigüenza 2013), mostró durante la compilación de registros datos poco precisos en el aspecto taxonómico lo cual afectó también el cumplimiento de los objetivos planteados para la especie.

El objetivo 3 no fue necesario realizarlo ya que por indicaciones de los especialistas de Conabio los mapas de distribución potencial no deberían ser editados, sino elaborados con respecto a una “M” que se selecciona a priori al modelaje de la distribución. Por tanto, los mapas que se presentan cumplirían la función de ser potenciales y “reales” un área “M” elegida cuidadosamente para cada una de las especies estudiadas.

IV. Introducción.

Dada la gran riqueza biológica y el número de endemismos tan alto en México, el compromiso por entender, conocer y documentar la distribución de sus especies es de vital importancia. En el caso de reptiles pequeños como las lagartijas, resulta de especial interés el género *Plestiodon*, perteneciente a la familia Scincidae, una de las familias más grandes de reptiles escamosos. En México se encuentran 16 especies en este grupo (Feria-Ortíz *et al.* en impresión), de las cuales al menos 10 se encuentran en la categoría de Protección especial en la NOM-ECOL-2010 (Anónimo 2010). Por lo que respecta a los colibríes, en México, se reconocen 57 especies, de las cuales 24 son endémicas (Torres-Chávez y Navarro 2000) y 9 de ellas se encuentran en alguna categoría de protección (Anónimo 2010). Los colibríes merecen especial atención en cualquier estudio de conservación ya que junto con otros polinizadores proveen un servicio esencial para los ecosistemas que resulta en el entrecruzamiento y reproducción sexual de más del 90% de las especies de plantas con flores en el planeta (Eardley *et al.* 2006).

Los mapas de distribución productos de este trabajo, ayudarán a determinar áreas de endemismos, identificar concentraciones de estas especies que ocurran fuera de áreas con protección, permitirá reevaluar el estado de conservación de las especies y ayudará a responder preguntas en otros campos de la biología como la evolución, ecología y sistemática.

V. Desarrollo del Proyecto

1. Calidad de Información.

Para la limpieza de datos se utilizaron varios métodos y variaron con forme a lo que cada especie requería. Por ejemplo, datos con información incompleta sobre localidad y que carecían de datos de latitud y longitud, se eliminaron. Datos que tenían información de localidad pero que esta se encontraba en un estado de la Republica diferente al indicado (Michoacán pero debían estar en Morelos) se georeferenciaron nuevamente. Dado que este proceso vario con respecto a la especie, los datos se incluyen en el Apéndice “Calidad de Información”.

En los cuadros 1 y 2 se presenta un resumen de los diferentes registros y localidades únicas que se obtuvieron para las especies del genero *Plestiodon* de las bases de Conabio, bases

de datos en línea (GBIF.org, REMIB, HerpNet), de literatura, así como de las bases de datos personales de los especialistas que participan en este proyecto.

Cuadro 1. Registros obtenidos para las especies del género *Plestiodon*.

Especie	Data Origin						Total
	Conabio	GBIF	HerpNet	REMIB	Literatura	Base de datos: Tejidos (Manuel Feria)	
<i>Plestiodon bilineatus</i>	0	0	44	2	8	12	66
<i>P. brevirostris</i>	0	0	109	63	13	18	203
<i>P. colimensis</i>	7	1	1	23	0	0	32
<i>P. copei</i>	357	119	76	0	5	7	564
<i>P. dicei</i>	10	15	52	109	1	8	195
<i>P. dugesii</i>	29	8	8	0	3	5	53
<i>P. indubitus</i>	0	0	47	7	10	16	80
<i>P. lynxe</i>	355	185	122	1	3	6	672
<i>P. ochoterena</i>	77	4	4	0	1	2	88
<i>P. parviauriculatus</i>	40	11	11	0	2	4	68
<i>P. parvulus</i>	0	12	7	2	3	6	30
<i>P. sumichrasti</i>	0	42	7	2	0	1	52
Total:	875	396	488	209	49	85	2102

En el caso de las lagartijas del género *Plestiodon*, la especie para la que se obtuvo el mayor número de registros (672) y localidades únicas (305) fue *Plestiodon lynxe* seguida por *P. copei* (564 registros y 174 localidades únicas). Las especies para las cuales se cuenta con un número de registros bajo fueron, *P. colimensis* (32 registros y 7 localidades únicas) y *P. parvulus* (29 registros y 21 localidades únicas). Las especies restantes cuentan con más de 30 localidades únicas y más de 30 registros.

El número de registros y localidad únicos vario con respecto a la especie. Para algunas especies como *P. bilineatus*, *P. brevirostris*, *P. indubitus*, *P. parvulus* y *P. sumichrasti* no se contó con datos provenientes de la base proporcionada por Conabio, mientras que para otras especies como *P. copei* y *P. ochoterena*, los datos proporcionados por Conabio superan en número los encontrados en otras fuentes.

Cuadro 2. Localidades únicas obtenidas para las especies del género *Plestiodon*.

Especie	Data Origin						Total
	Conabio	GBIF	HerpNet	REMIB	Literatura	Manuel Feria Base de datos: Tejidos	
<i>Plestiodon bilineatus</i>	0	0	22	1	7	7	37
<i>P. brevirostris</i>	0	0	31	35	13	14	93
<i>P. colimensis</i>	2	1	1	1	0	0	4*
<i>P. copei</i>	108	35	20	0	5	6	174
<i>P. dicei</i>	5	6	56	13	1	4	85
<i>P. dugesii</i>	22	4	4	0	3	3	36
<i>P. indubitus</i>	0	0	13	4	10	10	37
<i>P. lynxe</i>	215	55	27	1	3	4	305
<i>P. ochoterenae</i>	23	4	4	0	1	1	33
<i>P. parviauriculatus</i>	20	7	7	0	2	2	38
<i>P. parvulus</i>	0	8	5	2	3	3	21
<i>P. sumichrasti</i>	0	23	7	2	0	1	33
Total:	397	143	197	59	48	55	899

*Las localidades únicas para *P. colimensis* fueron las mismas para las bases consultadas diferentes de Conabio, sumando un total de 4 localidades de las cuales 1 es muy difícil de corroborar.

No se modeló la distribución de *P. colimensis* dado que no se obtuvo información suficiente para este proceso.

COLIBRÍES

Para el caso de los colibríes, la especie para la que se obtuvo el mayor número de registros (5964) fue *Amazilia beryllina* sin embargo, esta no fue la especie con mayor número de localidades únicas (1570). La especie con mayor número de localidades únicas fue *Amazilia yucatanensis* (1927 localidades únicas y 14360 registros). Las especies para las cuales se cuenta con un número de registros bajo fueron, *Lophornis brachylophus* (30 registros y 13 localidades únicas), *Campylopterus pampa* (29 registros y 17 localidades únicas) y *Amazilia wagneri* (31 registros y 17 localidades únicas) (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Registros obtenidos para colibríes

		Data Origin				
Genero	Especie	Conabio	GBIF	Expert	REMIB	Total
<i>Amazilia</i>	<i>beryllina</i>	742	5088	32	102	5964
<i>Amazilia</i>	<i>rutila graysoni</i>	0	9	49	9	67
<i>Amazilia</i>	<i>viridifrons</i>	94	278	13	0	385
<i>Amazilia</i>	<i>wagneri</i>	0	1	30	0	31
<i>Amazilia</i>	<i>yucatanensis</i>	230	14069	46	15	14360
<i>Atthis</i>	<i>heloisa</i>	136	679	541	16	1372
<i>Doricha</i>	<i>eliza</i>	30	323	73	0	426
<i>Calothorax</i>	<i>pulcher</i>	19	149	91	0	259
<i>Campylopterus</i>	<i>pampa</i>	1	0	28	0	29
<i>Campylopterus</i>	<i>excellens</i>	65	225	142	0	432
<i>Chlorostilbon</i>	<i>auriceps</i>	45	396	72	2	515
<i>Chlorostilbon</i>	<i>forficatus</i>	26	181	31	0	238
<i>Cynanthus</i>	<i>sordidus</i>	57	1588	72	12	1729
<i>Cynanthus</i>	<i>doubledayi</i>	0	0	36	0	36
<i>Cynanthus</i>	<i>latirostris lawrencei</i>	0	28	51	0	79
<i>Eupherusa</i>	<i>cyanophrys</i>	36	185	109	2	332
<i>Eupherusa</i>	<i>poliocerca</i>	221	181	68	29	499
<i>Hylocharis</i>	<i>xantusii</i>	55	986	366	4	1411
<i>Lampornis</i>	<i>amethystinus margaritae</i>	0	214	114	124	452
<i>Lophornis</i>	<i>brachylophus</i>	0	21	9	0	30
<i>Phaethornis</i>	<i>superciliosus</i>	0	596	4	20	620
<i>Thalurania</i>	<i>ridgwayi</i>	32	157	41	8	238
	Total:	1789	25354	2018	343	29504

Cuadro 4. Localidades únicas obtenidas para colibríes

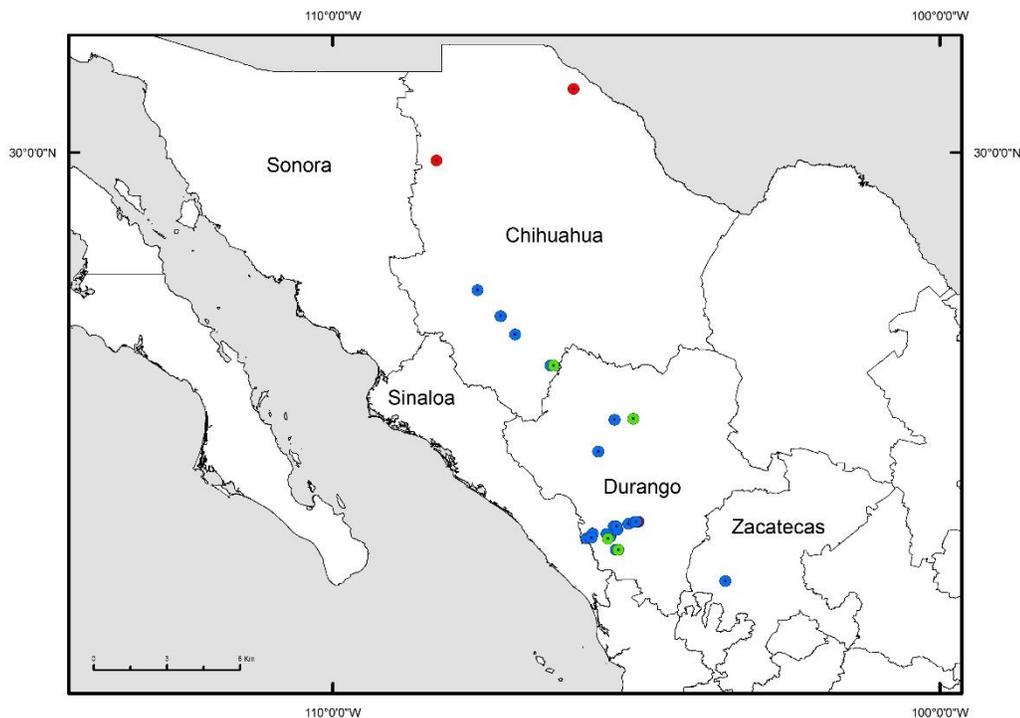
		Data Origin				
Genero	Especie	Conabio	GBIF	Expert	REMIB	Total
<i>Amazilia</i>	<i>beryllina</i>	220	1279	32	39	1570

<i>Amazilia</i>	<i>rutila</i>	0	6	4	22	32
<i>Amazilia</i>	<i>viridifrons graysoni</i>	42	159	13	0	214
<i>Amazilia</i>	<i>wagneri</i>	0	1	16	0	17
<i>Amazilia</i>	<i>yucatanensis</i>	125	1762	29	11	1927
<i>Atthis</i>	<i>heloisa</i>	48	285	227	13	573
<i>Doricha</i>	<i>eliza</i>	9	127	37	0	173
<i>Calothorax</i>	<i>pulcher</i>	4	61	37	0	102
<i>Campylopterus</i>	<i>pampa</i>	1	0	16	0	17
<i>Campylopterus</i>	<i>excellens</i>	9	79	54	0	142
<i>Chlorostilbon</i>	<i>auriceps</i>	24	185	30	2	241
<i>Chlorostilbon</i>	<i>forficatus</i>	5	71	9	0	85
<i>Cynanthus</i>	<i>sordidus</i>	31	255	44	6	336
<i>Cynanthus</i>	<i>doubledayi</i>	0	0	14	0	14
<i>Cynanthus</i>	<i>latirostris lawrencei</i>	0	6	11	0	17
<i>Eupherusa</i>	<i>cyanophrys</i>	23	54	32	1	110
<i>Eupherusa</i>	<i>poliocerca</i>	20	72	25	9	126
<i>Hylocharis</i>	<i>xantusii</i>	19	368	72	3	462
	<i>amethystinus</i>					
<i>Lampornis</i>	<i>margaritae</i>	0	24	10	13	47
<i>Lophornis</i>	<i>brachylophus</i>	0	8	5	0	13
<i>Phaethornis</i>	<i>supercilius</i>	0	306	4	9	319
<i>Thalurania</i>	<i>ridgwayi</i>	10	45	17	4	76
	Total:	590	5153	738	132	6613

Detalles del procedimiento. A continuación se muestra un ejemplo detallado de cómo se realizó la limpieza de los datos. Toda la información referente a este punto para todas las especies estudiadas se encuentra en el anexo “Calidad de la información”.

Ejemplo: *Plestiodon bilineatus*

Limpieza de datos. Los datos georeferenciados fueron obtenidos de las bases de REMIB, CONABIO, GBIF, HerpNet, y también datos de tejidos del experto Manuel Feria-Ortiz. La especie *Plestiodon bilineatus*, anteriormente una subespecie de *P. brevirostris*, fue elevada a estatus de especie en el 2011 (Feria-Ortiz et al. 2011). De acuerdo a la revisión taxonómica se reconoce que las poblaciones de *P. bilineatus* están más localizadas en la parte Noreste del país. La revisión de las localidades georeferenciadas se obtuvieron utilizando información de la literatura (Dixon 1969, Robinson, 1979, Brandley et al. 2012), y la opinión de un experto.

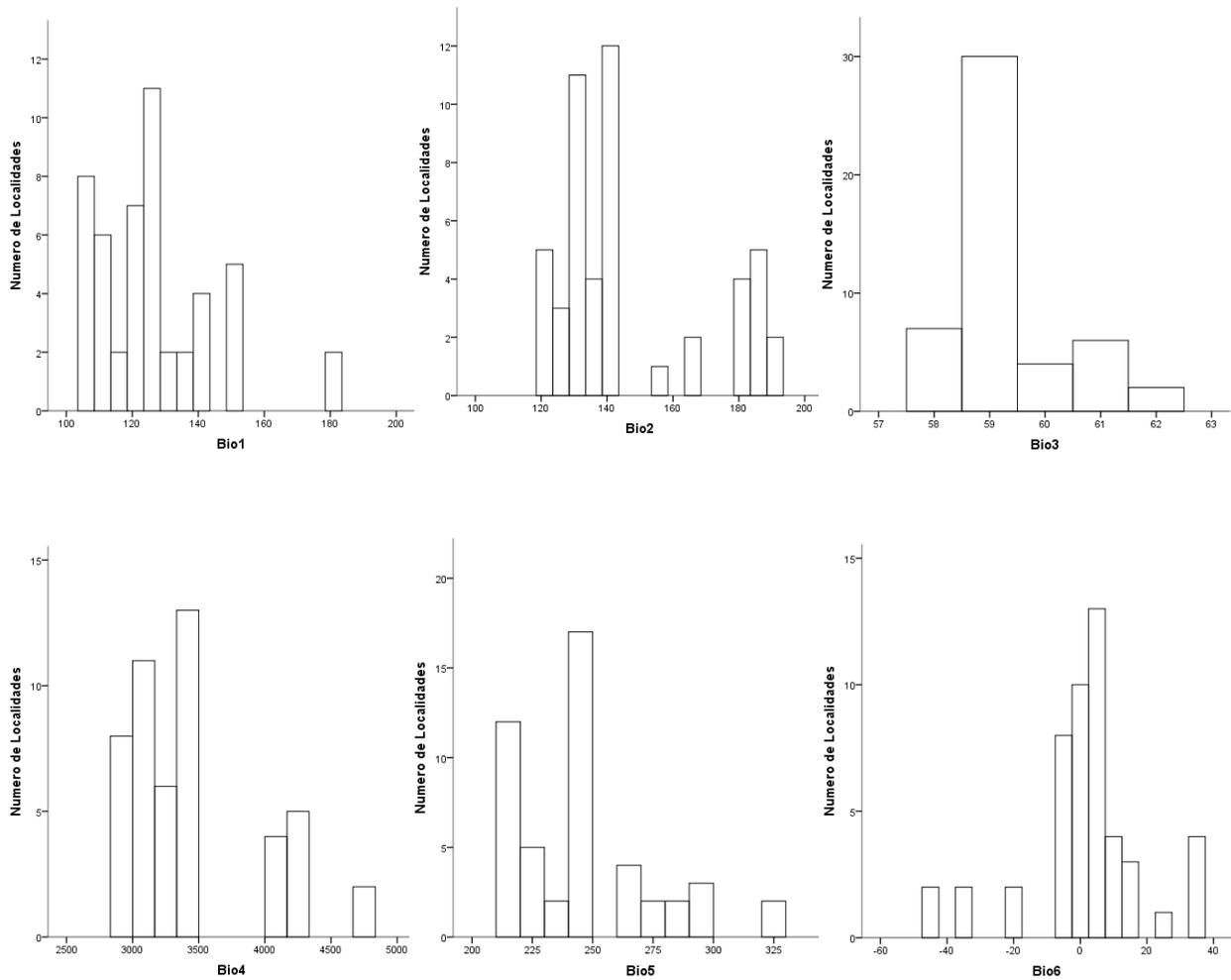


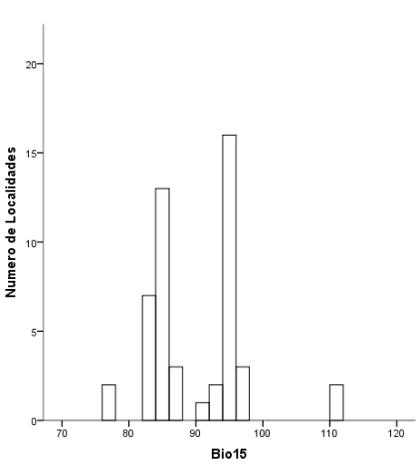
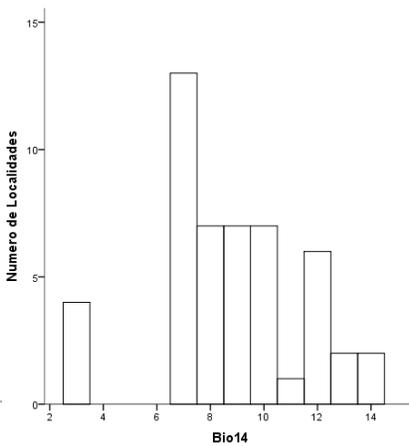
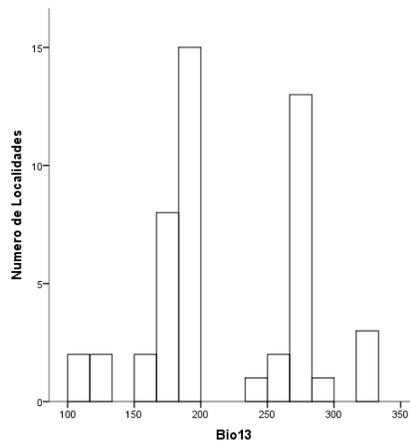
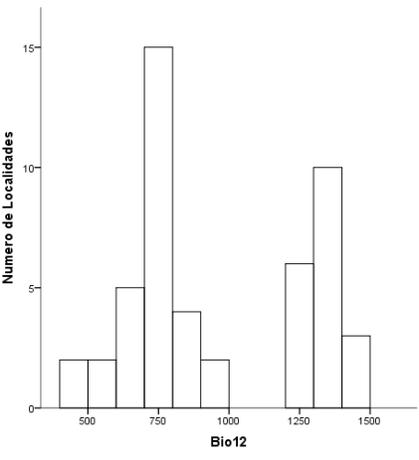
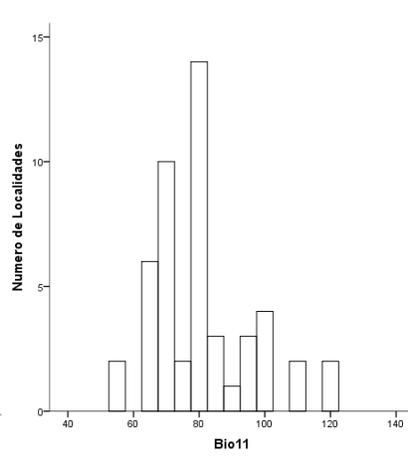
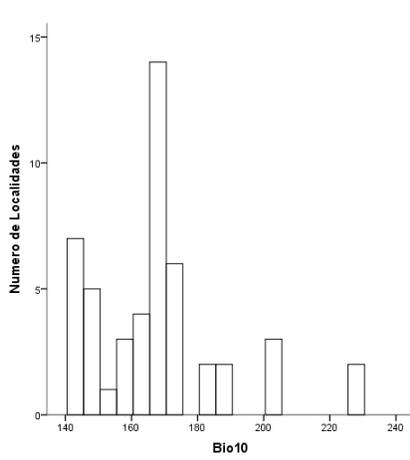
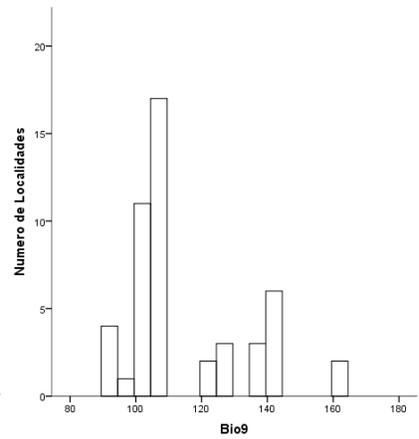
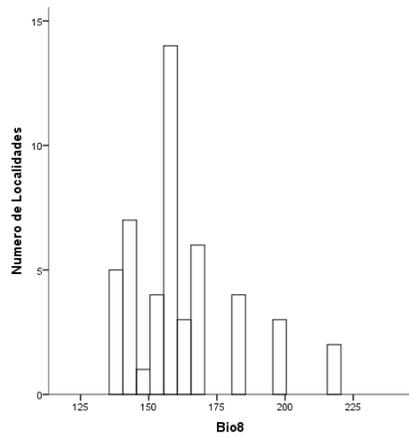
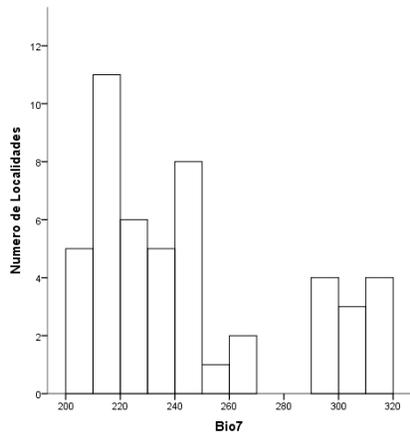
Plestiodon bilineatus
(©Manuel Feria-Ortiz)

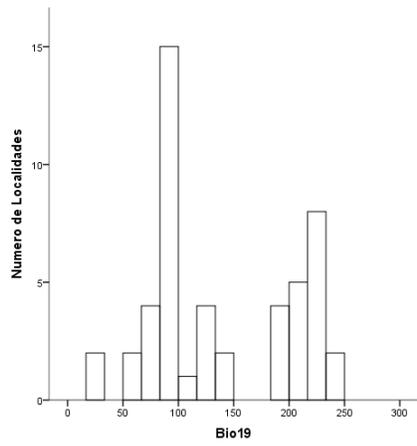
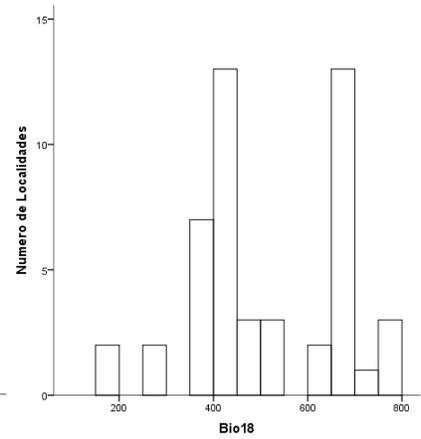
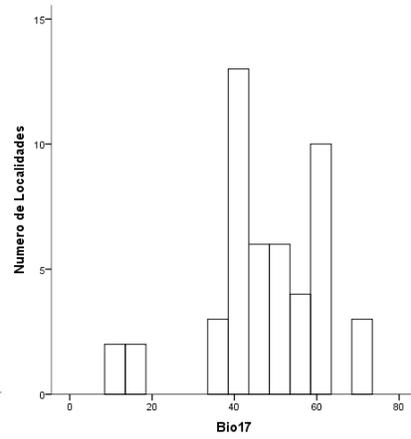
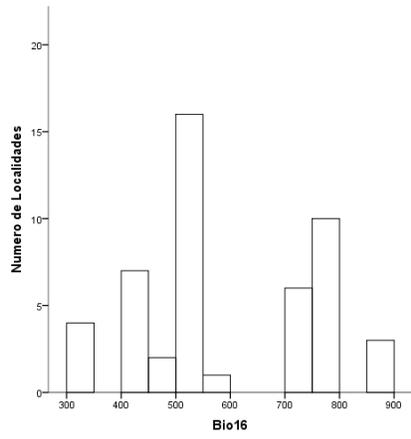
Figura 1. Proyección geográfica de localidades de *Plestiodon bilineatus* (Fuente: GBIF, HerpNet, M. Feria-Ortiz) para verificar la calidad de los datos. Azul: confirmadas dentro del área de distribución. Rojas: Localidades no utilizadas en la modelación, ya que están fuera del área de distribución. Verde: georreferenciadas de acuerdo a la descripción de las localidades.

Extracción de información climática/ambiental. Para cada una de las localidades confirmadas las condiciones ambientales/climáticas se obtuvieron usando 19 variables de las condiciones actuales descargadas de www.worldclim.org y con la herramienta ArcMap10 (Spatial Analyst tools/Extract multi-values to points).

Figura 2. Distribución de frecuencia de los registros de colecta en función de las variables ambientales.







Perfil bioclimático de la especie.

Cuadro 5. Perfil bioclimático de *Plestiodon bilineatus*. Solo los registros validos de acuerdo a la literatura y opinión experta, fueron incluidos utilizando un proceso cuidadoso y riguroso de control de calidad.

Variabes Ambientales	N	Media	Mínim o	Máxim o	Desviació n Estándar
Temperatura promedio anual	49	126.27	106	179	17.452
Oscilación diurna de la temperatura	49	146.67	121	192	23.309
Isotermalidad	49	59.31	58	62	1.004
Estacionalidad de la temperatura	49	3423.51	2907	4671	489.167
Temperatura máxima promedio del periodo más cálido	49	246.37	211	328	29.145
Temperatura mínima promedio del periodo más frio	49	1.22	-45	34	16.962
Oscilación anual de la temperatura	49	245.14	205	317	35.762
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	49	162.12	138	219	19.506
Temperatura promedio del trimestre más seco	49	114.92	92	162	18.363
Temperatura promedio del trimestre más cálido	49	167.61	143	228	20.113
Temperatura promedio del trimestre más frio	49	80.78	55	120	15.014
Precipitación anual	49	965.49	437	1492	312.809
Precipitación del periodo más lluvioso	49	216.78	116	329	58.244
Precipitación del periodo más seco	49	8.76	3	14	2.689
Estacionalidad de la precipitación	49	89.65	77	110	7.137
Precipitación del trimestre más lluvioso	49	580.27	306	876	169.501
Precipitación del trimestre más seco	49	47.61	11	69	13.667
Precipitación del trimestre más calido	49	514.94	197	786	158.027
precipitación del trimestre más frio	49	137.33	25	237	64.338

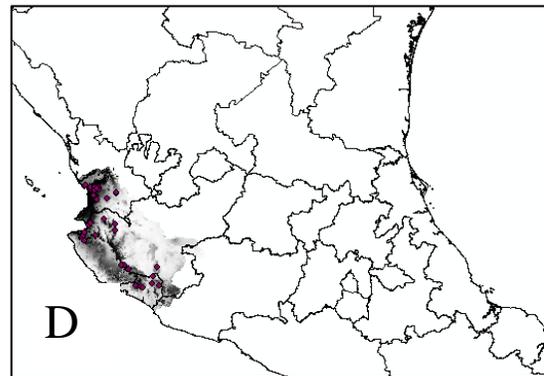
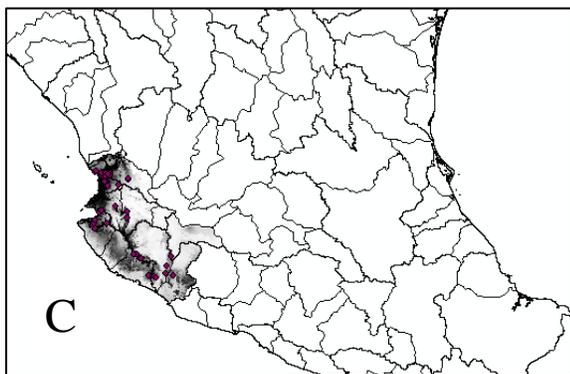
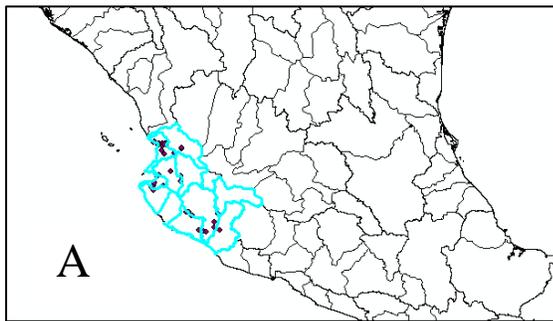
Matriz de datos.

	Binomio	Latitud	Longitud	bio001	bio002	bio003	bio004	bio005	bio006	bio007	bio008	bio009	bio010	bio011	bio012	bio013	bio014	bio015	bio016	bio017	bio018	bio019
1	Plestiodon bilineatus	23.45	-105.3	127	129	59	3119	234	16	218	160	127	165	86	1186	244	7	85	696	49	617	191
2	Plestiodon bilineatus	23.45	-105.3	127	129	59	3119	234	16	218	160	127	165	86	1186	244	7	85	696	49	617	191
3	Plestiodon bilineatus	23.63332939	-105.4666672	136	128	58	3157	242	24	218	168	136	174	93	1108	235	9	84	642	51	592	171
4	Plestiodon bilineatus	23.64	-105.82	129	121	59	2907	228	23	205	159	128	163	89	1354	298	12	85	787	62	714	209
5	Plestiodon bilineatus	23.66666985	-105.4333267	104	131	60	3054	212	-6	218	137	101	142	64	1331	273	8	84	780	60	671	219
6	Plestiodon bilineatus	23.66666985	-105.4333267	104	131	60	3054	212	-6	218	137	101	142	64	1331	273	8	84	780	60	671	219
7	Plestiodon bilineatus	23.66666985	-105.4333267	104	131	60	3054	212	-6	218	137	101	142	64	1331	273	8	84	780	60	671	219
8	Plestiodon bilineatus	23.68333244	-105.4666672	106	130	59	3076	215	-4	219	139	104	145	66	1349	280	9	84	787	62	691	221
9	Plestiodon bilineatus	23.68333244	-105.4666672	106	130	59	3076	215	-4	219	139	104	145	66	1349	280	9	84	787	62	691	221
10	Plestiodon bilineatus	23.68333244	-105.4666672	106	130	59	3076	215	-4	219	139	104	145	66	1349	280	9	84	787	62	691	221
11	Plestiodon bilineatus	23.7	-105.73	107	125	59	2951	211	0	211	138	105	143	68	1492	329	12	85	876	69	786	237
12	Plestiodon bilineatus	23.7	-105.73	107	125	59	2951	211	0	211	138	105	143	68	1492	329	12	85	876	69	786	237
13	Plestiodon bilineatus	23.72	-105.72	109	125	59	2962	213	2	211	141	108	145	70	1470	326	12	85	860	69	781	232
14	Plestiodon bilineatus	23.78	-105.33	115	135	59	3284	228	0	228	151	92	156	72	947	193	8	83	535	53	511	134
15	Plestiodon bilineatus	23.84	-105.37	131	134	59	3270	243	16	227	165	109	170	87	893	190	9	85	517	46	490	127
16	Plestiodon bilineatus	23.88	-105.13	121	140	59	3334	239	3	236	156	100	162	77	822	187	8	90	504	45	453	103
17	Plestiodon bilineatus	23.91	-105.03	124	142	59	3359	242	4	238	158	103	164	79	799	190	7	94	507	42	443	94
18	Plestiodon bilineatus	23.91	-105.03	124	142	59	3359	242	4	238	158	103	164	79	799	190	7	94	507	42	443	94
19	Plestiodon bilineatus	23.91	-105.03	124	142	59	3359	242	4	238	158	103	164	79	799	190	7	94	507	42	443	94
20	Plestiodon bilineatus	23.91666667	-104.9666667	133	142	59	3376	251	11	240	166	113	173	87	755	177	7	94	479	38	417	90
21	Plestiodon bilineatus	23.91666667	-104.9666667	133	142	59	3376	251	11	240	166	113	173	87	755	177	7	94	479	38	417	90
22	Plestiodon bilineatus	23.91666667	-104.9666667	133	142	59	3376	251	11	240	166	113	173	87	755	177	7	94	479	38	417	90
23	Plestiodon bilineatus	23.91666667	-104.9666667	133	142	59	3376	251	11	240	166	113	173	87	755	177	7	94	479	38	417	90
24	Plestiodon bilineatus	23.91666667	-104.9666667	133	142	59	3376	251	11	240	166	113	173	87	755	177	7	94	479	38	417	90
25	Plestiodon bilineatus	23.91666667	-104.9666667	133	142	59	3376	251	11	240	166	113	173	87	755	177	7	94	479	38	417	90
26	Plestiodon bilineatus	23.91666667	-104.9666667	133	142	59	3376	251	11	240	166	113	173	87	755	177	7	94	479	38	417	90
27	Plestiodon bilineatus	27.29999924	-107.2333298	150	186	61	4294	298	-6	304	198	144	203	96	643	169	10	95	404	38	376	84
28	Plestiodon bilineatus	27.29999924	-107.2333298	150	186	61	4294	298	-6	304	198	144	203	96	643	169	10	95	404	38	376	84
29	Plestiodon bilineatus	27.29999924	-107.2333298	150	186	61	4294	298	-6	304	198	144	203	96	643	169	10	95	404	38	376	84
30	Plestiodon bilineatus	27.73332977	-107.6166687	113	183	58	4671	267	-45	312	168	104	173	55	713	159	14	77	401	53	351	127
31	Plestiodon bilineatus	27.73332977	-107.6166687	113	183	58	4671	267	-45	312	168	104	173	55	713	159	14	77	401	53	351	127
32	Plestiodon bilineatus	23.78333	-105.31667	115	136	59	3253	228	0	228	150	92	155	72	953	194	8	83	542	53	513	136
33	Plestiodon bilineatus	25.06966667	-105.6286944	122	155	61	3376	247	-6	253	155	102	161	75	870	243	11	97	551	45	506	99
34	Plestiodon bilineatus	25.06966667	-105.6286944	122	155	61	3376	247	-6	253	155	102	161	75	870	243	11	97	551	45	506	99
35	Plestiodon bilineatus	23.71519444	-105.48675	108	130	59	3081	217	-2	219	141	106	146	68	1326	278	9	84	772	61	693	213
36	Plestiodon bilineatus	23.65211111	-105.7419444	119	124	59	2944	222	13	209	150	118	154	80	1435	319	12	85	834	66	765	225
37	Plestiodon bilineatus	23.65411111	-105.7677778	139	121	58	2974	240	34	206	169	139	174	99	1237	273	10	85	727	55	655	184
38	Plestiodon bilineatus	23.91758333	-105.0017778	123	142	59	3322	242	-3	239	156	102	163	78	799	189	7	94	509	42	443	94
39	Plestiodon bilineatus	23.83408333	-105.3268056	121	136	59	3309	235	5	230	157	98	162	77	879	183	8	84	503	47	484	120
40	Plestiodon bilineatus	27	-107	136	186	62	4025	278	-18	296	181	129	185	84	679	170	12	92	424	45	379	68
41	Plestiodon bilineatus	27	-107	136	186	62	4025	278	-18	296	181	129	185	84	679	170	12	92	424	45	379	68
42	Plestiodon bilineatus	26.48995	-106.36355	117	182	60	4064	260	-39	299	160	90	166	63	718	173	13	97	459	41	420	78
43	Plestiodon bilineatus	26.48995	-106.36355	117	182	60	4064	260	-39	299	160	90	166	63	718	173	13	97	459	41	420	78
44	Plestiodon bilineatus	25.07421667	-105.6287333	122	155	61	3376	247	-6	253	155	102	161	75	870	243	11	97	551	45	506	99
45	Plestiodon bilineatus	23.7152	-105.4868167	108	130	59	3081	217	-2	219	141	106	146	68	1326	278	9	84	772	61	693	213
46	Plestiodon bilineatus	23.7152	-105.4868167	108	130	59	3081	217	-2	219	141	106	146	68	1326	278	9	84	772	61	693	213
47	Plestiodon bilineatus	23.65411111	-105.7677778	139	121	58	2974	240	34	206	169	139	174	99	1237	273	10	85	727	55	655	184
48	Plestiodon bilineatus	23.65211111	-105.7419444	119	124	59	2944	222	13	209	150	118	154	80	1435	319	12	85	834	66	765	225
49	Plestiodon bilineatus	23.65211111	-105.7419444	119	124	59	2944	222	13	209	150	118	154	80	1435	319	12	85	834	66	765	225
50	Plestiodon bilineatus	23.91758333	-105.0017778	123	142	59	3322	242	3	239	156	102	163	78	799	189	7	94	509	42	443	94
51	Plestiodon bilineatus	23.83408333	-105.3268056	121	136	59	3309	235	5	230	157	98	162	77	879	183	8	84	503	47	484	120
52	Plestiodon bilineatus	25.61	-105.05	195	195	60	4455	346	21	325	235	178	244	132	385	103	2	109	271	8	231	18
53	Plestiodon bilineatus	25.61	-105.05	195	195	60	4455	346	21	325	235	178	244	132	385	103	2	109	271	8	231	18

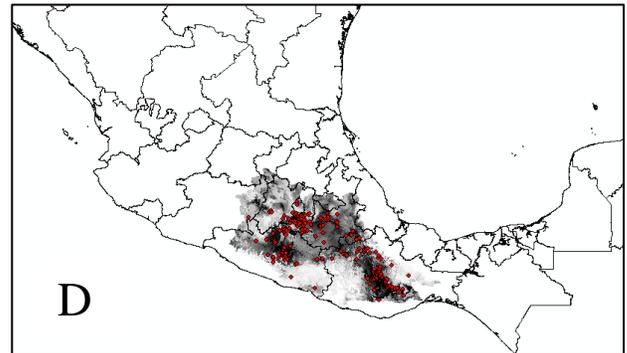
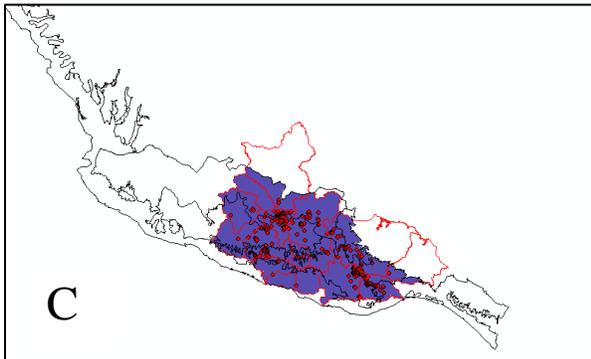
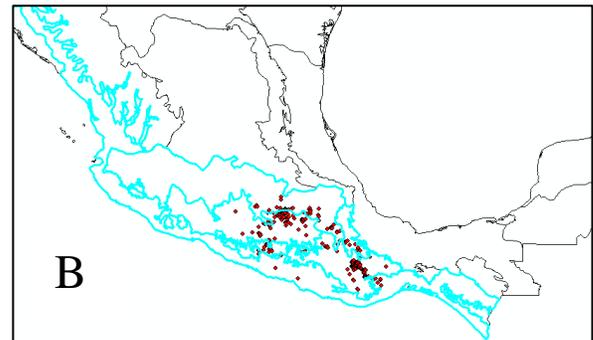
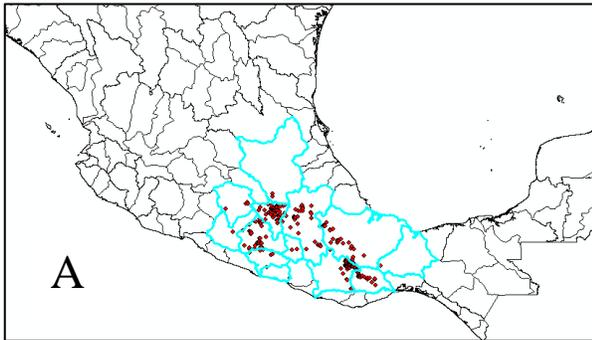
2. Criterio de selección de M.

Se tomaron en cuenta tres tipos de información cartográfica para seleccionar la “M”: subcuencas hidrológicas, provincias biogeográficas y en el caso de dos especies (*Amazilia beryllina* y *Amazilia yucatanensis*) las ecoregiones del mundo. En cada caso se seleccionaron los polígonos en donde se ha registrado a la especie, algunas veces incluyendo polígonos aledaños cuando los puntos se encontraban muy cercanos a este otro polígono. Por ejemplo, se seleccionaba las subcuencas hidrológicas en donde se han colectado especies, pero si los puntos se encontraban cerca de una subcuenca donde no se había colectado la especie, esta subcuenca también se seleccionaba. El ejemplo que ilustramos es el de *Thalurania ridgwayi*. En otros casos se seleccionó una “M” considerando tanto las subcuencas como las regiones biogeográficas simultáneamente. Este procedimiento se hace primero seleccionando las subcuencas y provincias biogeográficas para las especies como se explicó arriba. Ambas selecciones se convirtieron en formato raster y después se multiplicaron para obtener una M a partir de estos datos. Ver el ejemplo de *Cynanthus sordidus*. En la base de Metadatos se indica cuando se seleccionaron solo subcuencas o provincias biogeográficas o la multiplicación de ambas. Solo para dos especies: *Amazilia beryllina* y *Amazilia yucatanensis* se usaron las ecoregiones del mundo, ya que la distribución para estas especies se encuentra fuera de México. Ver ejemplo de *Amazilia yucatanensis*.

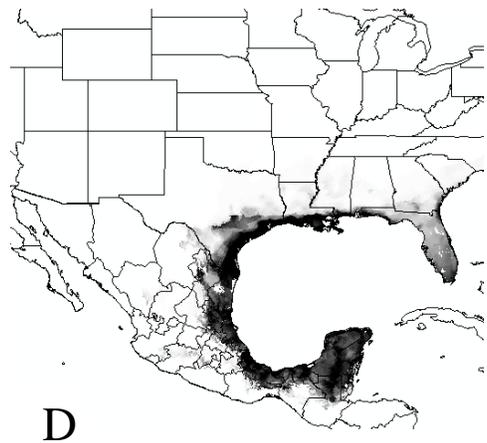
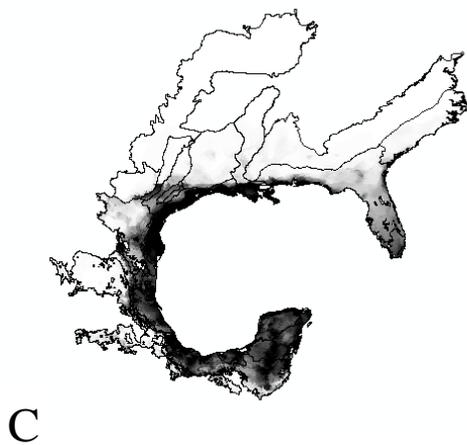
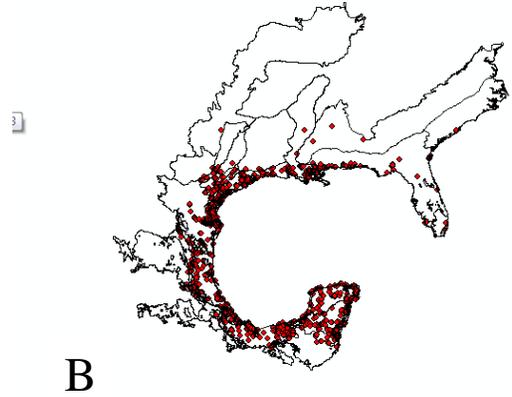
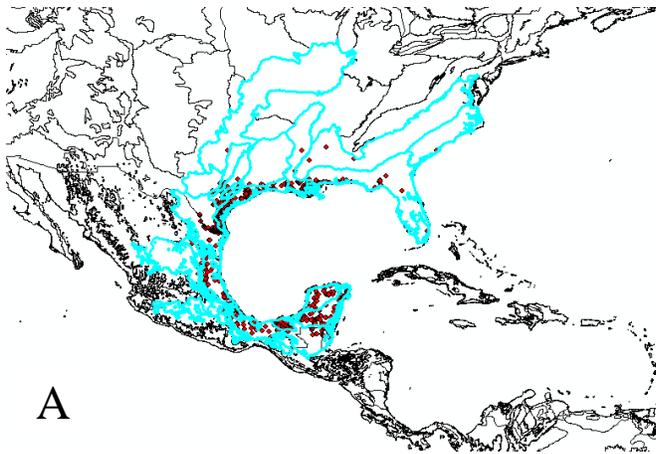
Thalurania ridgwayi. Se seleccionaron las subcuencas de México (polígonos azules) en donde se ha colectado la especie (puntos morados) (A). Esta selección se extendió incluyendo dos subcuencas en donde no se ha colectado la especie (polígonos en azul alrededor de los polígonos morados), pero que hipotetizamos que al estar cercanas podrían considerarse para obtener el modelo de distribución potencial de esta especie (B). Esta selección se convirtió en shapefile para posteriormente hacer un corte de las variables en esta zona de estudio (C). El mapa de distribución potencial se obtuvo para esta área usando los parámetros determinados de MaxEnt con 10 réplicas (D).



Cynanthus sordidus. Se seleccionaron las subcuencas de México (polígonos azules) (A) y las provincias biogeográficas (polígonos azules) (B) en donde se ha colectado la especie (puntos rojos) (A). Ambas selecciones se convirtieron en shapefile y posteriormente en formato raster. Los archivos raster se multiplicaron usando la función de Map algebra en ArcGIS para obtener una intersección de ambas (raster color morado) (C). El mapa de distribución potencial se obtuvo para esta área usando los parámetros determinados de MaxEnt con 10 réplicas (D).



Amazilia yucatanensis. Se seleccionaron las ecoregiones de México y USA (polígonos azules) en donde se ha colectado la especie (puntos rojos) (A). Esta selección se convirtió en shapefile para posteriormente hacer un corte de las variables en esta zona de estudio (B). El mapa de distribución potencial se obtuvo para esta área usando los parámetros determinados de MaxEnt con 10 réplicas (C). El mapa final es el mapa promedio de estas réplicas (D).



3. Variables utilizadas en la modelación.

Se obtuvieron 19 variables climáticas de WorldClim 1.4 (Cuadro 6) (Hijmans *et al.* 2005). Estas 19 variables se utilizan ampliamente en estudios de modelado por considerarse biológicamente significativas para caracterizar distribuciones de especies, ya que representan tendencias anuales, estacionalidad y factores limitantes o extremos (Hijmans *et al.* 2005). Posteriormente se seleccionaron las variables menos correlacionadas utilizando una prueba de Pearson ($r > 0.8$; $p > 0.05$). Los modelos se obtuvieron con este número menor de variables. Las variables utilizadas para cada especie se enlistan en el cuadro 7.

Cuadro6. Variables bioclimáticas de Worldclim que se utilizarán para modelar la distribución potencial de las especies propuestas en este estudio.

1	Temperatura media anual
2	Intervalo medio diurno (media mensual (t° máx.- t° min.))
3	Isotermalidad (B2/B7) (* 100)
4	Temperatura estacional (desviación estándar *100)
5	Temperatura máxima del mes más cálido
6	Temperatura mínima del mes más frío
7	Rango de temperatura anual (B5 - B6)
8	Temperatura media del mes más húmedo
9	Temperatura media del mes más seco
10	Temperatura media del trimestre más cálido
11	Temperatura media del trimestre más frío
12	Precipitación anual
13	Precipitación del mes más húmedo
14	Precipitación del mes más seco
15	Precipitación estacional (Coeficiente de variación)
16	Precipitación del trimestre más húmedo
17	Precipitación del trimestre más seco
18	Precipitación del trimestre más cálido
19	Precipitación del trimestre más frío

Cuadro 7. Variables utilizadas para modelar la distribución de cada especie.

Especie	Variables
<i>Plestiodon bilineatus</i>	3,4,6,14,15
<i>Plestiodon brevirostris</i>	2,3,4,7,12,14,15,16,17,18,19
<i>Plestiodon colimensis</i>	2,4,7,18
<i>Plestiodon copei</i>	2,3,7,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Plestiodon dicei</i>	2,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Plestiodon dugesii</i>	2,3,4,7,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Plestiodon indubitus</i>	2,3,4,7,18,19
<i>Plestiodon lynxe</i>	2,3,4,7,14,18
<i>Plestiodon ochoterenae</i>	3,7,12,13,15,16,18
<i>Plestiodon parviauriculatus</i>	2,3,4,7,12,13,14,15,16,17,18,19
<i>Plestiodon parvulus</i>	2,3,12,13,15,18
<i>Plestiodon sumichrasti</i>	2,3,4,5,7,17
<i>Amazilia beryllina</i>	4, 12-14, 16, 18, 19
<i>Amazilia rutila graysoni</i>	4, 12-19
<i>Amazilia viridifrons</i>	2-4, 7, 12-19
<i>Amazilia wagneri</i>	2, 4, 7, 13, 14, 16, 17, 18, 19
<i>Amazilia yucatanensis</i>	All 19
<i>Atthis heloisa</i>	2-4, 7,13-19
<i>Doricha eliza</i>	2, 14, 16, 17, 19
<i>Calothorax pulcher</i>	2-4,7,12-14,16-19
<i>Campylopterus pampa</i>	6, 14, 17-19
<i>Campylopterus excellens</i>	2-4, 7, 13, 15, 18
<i>Chlorostilbon auriceps</i>	2, 4, 7, 12-14, 16-19
<i>Chlorostilbon forficatus</i>	All 19
<i>Cynanthus sordidus</i>	2-4, 7, 12-14, 16-19
<i>Cynanthus latirostris lawrencei</i>	6, 14, 17
<i>Cynanthus doubledayi</i>	4, 7, 12-14, 16-19
<i>Eupherusa cyanophrys</i>	2-4, 7, 12-18
<i>Eupherusa poliocerca</i>	2-4, 7, 12-19
<i>Hylocharis xantusii</i>	6, 14, 16-19
<i>Lampornis amethystinus margaritae</i>	2-4, 12-14, 16-18
<i>Lophornis brachylophus</i>	2, 7, 14, 15, 19
<i>Phaethornis superciliosus</i>	14, 17, 19
<i>Thalurania ridgwayi</i>	2-4, 7, 12-19

4. Método de modelación.

Los datos de distribución geográfica para cada especie se obtuvieron de diferentes fuentes: (1) bases de datos de Conabio, (2) bases de datos en línea (e.g., HerpNET, y GBIF), (3) bases de datos personales de los participantes en este proyecto y (3) datos en literatura. Todos los datos obtenidos se revisaron antes de modelar la distribución potencial considerando aspectos tales como (1) inclusión de localidades únicas, (2) datos de distribución geografía (latitud-longitud) erróneos fueron obtenidos nuevamente o eliminados completamente si su depuración no es posible, (3) datos en donde la taxonomía sea dudosa y no se puedan corroborar serán eliminados (ver Anexo “Calidad de la Información”).

Posteriormente se seleccionaron las variables para la modelación como se explicó en el punto 3 de este reporte. Se seleccionó una “M” como se explicó en el punto 2 de este reporte. Con los datos de latitud y longitud y las variables climáticas seleccionadas y recortadas a la “M” seleccionada se procedió a elaborar el modelo de distribución potencial. Para esto se utilizó el software MaxEnt, ya que estudios recientes muestran que este método es de los más recomendados comparado con otros (Elith et al. 2006, Hernández et al. 2006, Phillips 2008, Phillips et al. 2004, 2006). MaxEnt hace predicciones usando sólo los datos de presencia de las especies. Este programa modela una distribución probable (distribución potencial) del hábitat disponible en el área de estudio, la cual está en función de los datos ambientales (temperatura y precipitación) y de la distribución geográfica conocida de la especie (latitud/longitud). De acuerdo con este programa, la mejor distribución potencial de una especie es aquella más cercana a la uniforme (es decir, la más cercana a tener probabilidades iguales de presencia a lo largo de toda el área de estudio) sujeta a la restricción de que la expectativa en la distribución modelada, para cada variable ambiental, debe concordar con su promedio empírico a lo largo de la distribución real conocida (Elith et al. 2010). Por lo tanto, el valor calculado por MaxEnt no es de probabilidad de presencia de la especie, sino de “similitud del hábitat” conocido con el predicho. MaxEnt asigna un valor de idoneidad de hábitat por cada celda de la cuadrícula en el área de estudio, que va de 0 a 1, donde la celda con un valor de 1 presenta una similitud del hábitat conocida alta, mientras que aquellas celdas con valores cercanos a 0 presenta una similitud baja o nula.

Hubo dos modificaciones al método propuesto: (1) no se realizaron 100 réplicas por especie si no 10 y (2) no se dividieron los datos para la evaluación, si no que se usó la opción “cross validation” en MaxEnt.

5. Parametros utilizados

Para estimar la distribución potencial de las especies de estudio se utilizó MaxEnt versión 3.3.3.e (Phillips et al. 2006), con los parámetros predefinidos (umbral de convergencia = 105, máximo número de iteraciones = 500, valor de regularización β = auto, numero de pseudoausencias =

10,000) siguiendo a Phillips et al. (2006). La única modificación que se realizó fue la de el número de réplicas que en este caso fueron 10. Así mismo, se desactivó la opción “write output grids” en “advance settings”.

6. Evaluación del modelo

Los mapas se evaluaron cuantitativa y cualitativamente. Para evaluar cuantitativamente los mapas de distribución potencial se utilizó el área bajo la curva AUC de los gráficos ROC. Este estadístico nos permite evaluar los casos correctamente clasificados para todos los umbrales de predicción (del 0 al 1). El valor de AUC está entre 0,5 y 1. Un valor de 0,5 equivale a una clasificación al azar, mientras que un valor de 1 indica un ajuste perfecto, es decir, que todos los casos han sido correctamente clasificados (Fielding y Bell 1997). Como se mencionó previamente no se dividieron los datos para entrenar y evaluar el modelo dado que para algunas especies se contaba con pocos datos. Se utilizó la opción de “cross-validation” en MaxEnt. Los mapas se evaluarán en función de los datos de entrenamiento y los datos de prueba en MaxEnt. Este proceso se lleva a cabo en MaxEnt. Dado que se obtuvieron 10 réplicas de los mapas, el AUC final es el promedio de las 10 réplicas tanto para los datos de entrenamiento como para los de prueba. Adicionalmente el experto del grupo (colibríes: Carlos Lara, lagartijas: Manuel Feria), evaluaron si visualmente los mapas resultaron lógicos con lo conocido para las especies.

7. Conclusiones y recomendaciones

En el caso de las especies de *Plestiodon* su distribución puede estar fuertemente limitada por barreras ecológicas tales como zonas relativamente secas o con suelos relativamente duros. Su morfología está adaptada a sus hábitos secretivos (cuerpos alargado, extremidades pequeñas) y comportamiento de escaque de depredadores potenciales (comúnmente huyen de depredadores internándose entre la hierba del suelo y muchas veces enterrándose en el suelo relativamente flojo). Mientras están activos se refugian temporalmente debajo de troncos o rocas pobremente cimentadas al suelo. Es posible que sus refugios temporales las protejan de sol y les ayude a mantenerse relativamente húmedas. De este modo, su distribución puede estar influenciada por la presencia de microhábitats apropiados (presencia de troncos y rocas pobremente cimentadas al suelo, troncos o tocones con espacios entre cortezas que también sirvan como refugios temporales). También, su morfología (cuerpo pequeño y alargado, extremidades reducidas) debe limitar sus capacidades de desplazamiento y hacerlos poco ágiles. En general, características como las señaladas hacen que aún los mapas de distribución que toman en cuenta las barreras geográficas parezcan proporcionar distribuciones relativamente amplias en relación a lo que se conoce de la distribución de las especies. Por otro lado, en algunos casos la distribución obtenida

basada en subcuencas parece corresponder estrechamente con la distribución conocida de las especies. Esto no es adecuado ya que no podemos asumir que ya se conoce al 100% la distribución actual de las especies. Evidentemente, hay muchas áreas no exploradas en donde pudiera estar presente alguna de las especies estudiadas. En general, los mapas finales se consideran como estimaciones aceptables de la distribución que verdaderamente pudieran tener las especies. Se recomendaría realizar trabajo de campo en las áreas de distribución potencial para evaluar la presencia del hábitat y potencialmente la de las especies. No obstante, no debe descartarse la posibilidad de encontrar especies fuera de esta área, dada el escaso conocimiento que se tiene para la mayoría de estas especies.

En el presente estudio se obtuvo un número considerable de registros para gran parte de las especies de colibríes analizadas. Con esto, podemos mencionar de forma primaria que los mapas obtenidos son adecuados y precisos considerando la información disponible. Sin embargo, es un hecho que existen grandes huecos de información para este grupo de aves que requieren gran atención. Por ejemplo, aunque la mayoría de las especies de colibríes incluidas en este proyecto presentan una distribución geográfica restringida, es la falta de información sobre ellas lo verdaderamente necesario para su conservación. Se requiere información precisa sobre el tamaño poblacional de la mayoría de las especies de colibríes del país, así como datos detallados sobre los recursos florales que utilizan a lo largo de su distribución, lo que implica también conocimientos sobre sus movimientos estacionales y altitudinales siguiendo estos recursos. La inclusión de esta información en los mapas de distribución nos daría mayor certeza sobre los riesgos de este grupo de aves ante los cambios en el uso del suelo y/o el cambio climático, pero también apoyaría sus programas de conservación.

En general los mapas obtenidos podrían mejorarse con trabajo de campo adicional y considerando características de los microclimas y de interacciones con otras especies.

8. Referencias

- Anónimo (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-2010. Diario Oficial de la Federación.
- Arbelaez-Cortes, E., and Navarro-Sigüenza, A. G. 2013. Molecular evidence of the taxonomic status of western Mexican populations of *Phaethornis longirostris* (Aves: Trochilidae). *Zootaxa*, 3716: 81-97.
- Brandley, M.C., Ota, H.F., Hikida, T., Nieto Montes de Oca, A., Feria-Ortiz, M., Guo, X., and Wang, Y. (2012)
- Dickinson, E. C. (editor). 2003. The Howard and Moore complete checklist of the birds of the world. Third edition. Princeton University Press, New Jersey.
- Dixon, J. (1969) Taxonomic Review of the Mexican Skinks of the Eumeces brevirostris Group. *Contributions in Science* 168 1-30.

- Elliott, D.G. 1871. Descriptions of two new species of hummingbirds belonging to the genera *Eupherusa* and *Cyanomia*. *Annals and Magazine of Natural History* 4th series volume 8: 266-267.
- Feria-Ortiz, M., Manríquez-Moran, N.L., Nieto-Montes de Oca, A. (2011) Species Limits Based on MTDNA and Morphological Data in the Polytypic Species *Plestiodon brevirostris* (Squamata:Scincidae) 25:2011 25-51.
- Feria-Ortiz, M., Nieto-Montes de Oca, A., y Manríquez-Moran N.L. (en impresión) Molecular Phylogenetics and species limits in the polytypic species *Plestiodon brevirostris* (Squamata: Scincidae). *Herpetological Monographs*. Weller, A. A. 1999.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E. , Parra, J.L. , Jones, P.G. y Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965-1978.
- Peterson, A.T., and A.G. Navarro-Sigüenza. 2000. A new taxon in the *Amazilia viridifrons* (Chordata: Aves: Trochilidae) complex of southern Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 113: 864-870.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., y Schapire, R.P. (2006) Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 231-259.
- Robinson, M.D (1979) Systematics of Skinks of the *Eumeces brevirostris* Species Group in Western Mexico. *Contributions in Science* 319 1-13.
- Torres-Chávez, M.G. y Navarro, A. (2000) Los colibríes de México, brillo de la biodiversidad. *Biodiversitas*, 28,2-6.
- Green-fronted Hummingbird *Agyrtria viridifrons*. Página 599 in J. del Hoyo, J., A. Elliott, and J. Sargatal. *Handbook of the birds of the world. Volume 5. Barn-Owls to hummingbirds*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain.

9. Anexos

Ver carpeta: Anexo Calidad de información.