



Biogeografía

Riqueza y distribución geográfica de la tribu Tigridae (Iridaceae) en Norteamérica

Richness and geographic distribution of the tribe Tigridae (Iridaceae) in North America

Guadalupe Munguía-Lino^{a,c}, Georgina Vargas-Amado^a,
Luis Miguel Vázquez-García^b y Aarón Rodríguez^{a,*}

^a Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Apartado postal 139, 45105 Zapopan, Jalisco, México

^b Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, Ex Hacienda de Santa Ana, Km 1.5 carretera Tenancingo-Villa Guerrero, 52400 Tenancingo, Estado de México, México

^c Doctorado en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, Universidad de Guadalajara, Apartado postal 139, 45105 Zapopan, Jalisco, México

Recibido el 28 de enero de 2014; aceptado el 24 de octubre de 2014

Resumen

La tribu Tigridae (Iridoideae: Iridaceae) es un grupo americano y monofilético. Sus centros de diversificación se localizan en México y la parte andina de Sudamérica. El objetivo del presente trabajo fue analizar la riqueza y distribución de Tigridae en Norteamérica. Para ello, se utilizó una base de datos con 2,769 registros georreferenciados. Mediante sistemas de información geográfica (SIG) se analizó la riqueza de Tigridae por división política, ecorregión y una cuadrícula de 45×45 km. Tigridae está representada por 66 especies y 7 subespecies. De estas, 54 especies y 7 subespecies son endémicas. *Tigridia* es el género más diverso con 43 especies y 6 subespecies. La riqueza de taxa se concentra en México en los estados de Oaxaca, México y Jalisco. El análisis por ecorregiones muestra al bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana como la más diversa con 36 taxa. Por último, la celda más diversa contiene 14 taxa y se localiza en donde convergen el bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana, el bosque tropical caducifolio del Bajío y el bosque tropical caducifolio de la cuenca del río Balsas.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

Palabras clave: SIG; Ecorregión; Cuadrícula; México; *Tigridia*

Abstract

The tribe Tigridae (Iridoideae: Iridaceae) is an American and a monophyletic group. The centers of diversification are found in Mexico and the Andean range of South America. Based on 2 769 georeferenced records and using Geographic Information Systems (GIS), we analyzed the richness and distribution of Tigridae in North America by political region, terrestrial ecoregion, and a 45×45 km cell grid. Tigridae is represented by 66 species and 7 subspecies. Fifty four species and 7 subspecies are endemic. *Tigridia* is the most diverse genus including 43 species and 6 subspecies. The Mexican states of Oaxaca, Mexico and Jalisco have the greatest species richness. The Transmexican Volcanic Belt pine-oak forest, the has the highest number of taxa (36 taxa). The most diverse grid cell (14 taxa) is located where the Transmexican Volcanic Belt pine-oak forest, Bajío dry forest and the Balsas dry forest ecoregions intersect.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Keywords: GIS; Ecoregion; Grid; Mexico; *Tigridia*

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: rca08742@cucba.udg.mx (A. Rodríguez).

Introducción

La tribu Tigridae B. M. Kittel (Iridoideae: Iridaceae) es un grupo monofilético que agrupa a 172 especies (Goldblatt et al., 2008; Rodríguez y Sytsma, 2006). Sus integrantes se caracterizan por tener bulbos, hojas plegadas e isobilaterales, inflorescencia en forma de ripidio, 2 series de 3 tépalos muy variables en forma, color y tamaño, fruto en forma de cápsula, semillas piriformes y número base de cromosomas igual a 7 ($x=7$) (figs. 1a-u'). Una característica peculiar de algunos miembros del grupo es la presencia de máculas en los tépalos, parecidas a las de un jaguar, motivo por el cual se les nombra "flor de tigre o flor de jaguar" (fig. 1a) (Goldblatt y Manning, 2008; Goldblatt et al., 2008; Rodríguez y Ortiz-Catedral, 2001; Vázquez, Norman-Mondragón y Corona-Rodríguez, 2001). Las plantas de Tigridae son potencialmente útiles. El tamaño, forma, estructura y color de sus flores es adecuado para su uso como plantas ornamentales. Solo *Tigridia pavonia* (L.f.) DC. y *Eleutherine bulbosa* (Mill.) Urb. son utilizadas con este propósito (Rodríguez y Ortiz-Catedral, 2001; Vázquez, 2011). Otras representan una fuente de alimento para algunas comunidades de los estados de México, Oaxaca y Puebla, donde los bulbos de *Tigridia ehrenbergii* (Schltdl.) Molseed ssp. *ehrenbergii*, *T. augusta* Drapiez, *T. mexicana* Molseed ssp. *mexicana* y *T. pavonia* se consumen (Rodríguez y Ortiz-Catedral, 2001).

Goldblatt (1982) dividió Tigridae en las subtribus Cipurinae y Tigridiinae. La subtribu Cipurinae se caracteriza por presentar polen monosulcado, ramas del estilo simples y engrosadas, estambres libres, número base de cromosomas igual a 7 ($x=7$) y está ampliamente distribuida en América. En Tigridiinae, por el contrario, los granos de polen son bisulcados, las ramas del estilo bifidas, los filamentos de los estambres están fusionados, el número base de cromosomas es 14 ($x=14$) y se localizan, principalmente, en México y Guatemala en donde han diversificado (Rudall y Wheeler, 1988). Sin embargo, los análisis filogenéticos de Tigridae con base en secuencias de ADN no apoyan esta propuesta (Goldblatt et al., 2008; Rodríguez y Sytsma, 2006). La variación floral y su pobre preservación en ejemplares de herbario han conducido al establecimiento de 44 géneros, muchos de ellos monotípicos. Goldblatt y Manning (2008) y Goldblatt et al. (2008) reconocieron 15 y 14 géneros de Tigridae, respectivamente. Para Norteamérica, mencionaron la presencia de *Alophia* Herb., *Cipura* Aubl., *Larentia* Klatt, *Eleutherine* Herb., *Herbertia* Sweet, *Nemastylis* Nutt., *Salpingostylis* Small y *Tigridia* Juss. Por su parte, el análisis filogenético de Goldblatt et al. (2008) mostró a los géneros *Ainea* Ravenna, *Cardiostigma* R.C. Foster, *Colima* (Ravenna) Aarón Rodr. y L. Ortiz-Catedral, *Fosteria* Molseed, *Rigidella* Lindl. y *Sessilanthera* Molseed y Cruden incluidos en el género *Tigridia* Juss. En consecuencia, los consideraron como parte de este último. Los límites genéricos, la pertenencia de especies al género *Tigridia* (en el sentido Goldblatt y Manning, 2008) y la relación filogenética entre especies y géneros aún están sujetos a discusión y preferimos utilizar los nombres como se muestran en la tabla 1.

Tigridae es endémica de América. Sus especies crecen en Sudamérica, Centroamérica, Norteamérica y las islas del Caribe.

Sus centros de diversificación están en la parte Andina de América del Sur y México. En Norteamérica han sido objeto de estudios taxonómicos y florísticos (Cruden, 1971; Espejo-Serna y López-Ferrari, 1996a, 1996b, 1998; Espejo-Serna, López-Ferrari y Ceja, 2010; Foster, 1945; Goldblatt, 2002; Henrich y Goldblatt, 1994; Molseed, 1970). Sin embargo, su distribución no ha sido analizada utilizando sistemas de información geográfica (SIG).

Un SIG procesa la información de eventos o entidades geoespaciales. Genera información nueva mediante operaciones de manipulación y análisis. Permite la introducción, almacenamiento, superposición, análisis y exploración de información referenciada geográficamente (Lira, 2008). Los SIG son herramientas de gran importancia en el campo de la biología. Por ejemplo, la diversidad biológica de un territorio se ha podido valorar con la información obtenida de las colecciones biológicas y analizada con SIG (Paterson, Boxshall, Thompson y Hussey, 2000). Asimismo, los SIG se han utilizado para analizar la distribución y riqueza de *Solanum* sección *Petota* Dumort. (Hijmans y Spooner, 2001), Asteraceae Bercht. y J. Presl (Suárez-Mota y Villaseñor, 2011), *Cosmos* Cav. (Vargas-Amado et al., 2013), *Jatropha* L. (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013) y *Vasconcellea* A. St.-Hil. (Scheldeman et al., 2007). También, han sido empleados en analizar las características morfológicas en un contexto geográfico de *Jatropha curcas* L. (Sunil et al., 2009) y *Cosmos* (Vargas-Amado et al., 2013). Finalmente, han sido herramientas útiles para determinar las categorías de riesgo en los géneros *Plectranthus* L'Hér. (Willis, Moat y Paton, 2003) y *Polianthes* L. (Feria-Arroyo, Olson, García-Mendoza y Solano, 2009; Feria-Arroyo, Solano y García-Mendoza, 2010).

El entendimiento y conocimiento de la distribución de las especies es necesario para proponer estrategias de manejo y conservación. Por ejemplo, *Ainea konzattii* (R.C. Foster) Ravenna, *Alophia veracruzana* Goldblatt y T.M. Howard, *Fosteria oaxacana* Molseed, *Sessilanthera citrina* Cruden, *S. heliantha* (Ravenna) Cruden, *Tigridia bicolor* Molseed, *T. estelae* López-Ferrari y Espejo, *T. hallbergii* ssp. *lloydii* Cruden, *T. huajuapensis* Molseed ex Cruden, *T. inusitata* (Cruden) Ravenna, *T. matudae* Molseed, *T. potosina* López-Ferrari y Espejo y *T. venusta* Cruden tienen una distribución geográfica restringida. De igual forma, *Colima convoluta* (Ravenna) Aarón Rodr. y L. Ortiz-Catedral, *C. tuitensis* Aarón Rodr. y L. Ortiz-Catedral, *T. amatlanensis* Aarón Rodr. y A. García-Mendoza, *T. catariensis* Cruden, *T. chiapensis* Molseed ex Cruden, *T. flammea* (Lindl.) Ravenna, *T. hintonii* Molseed, *T. mariaetrinitatis* Espejo y López-Ferrari, *T. martinezii* Calderón, *T. mortonii* Molseed, *T. purpusii* Molseed y *T. tepoxtlana* Ravenna se han colectado únicamente de su localidad tipo. Solo, *A. konzattii*, *F. oaxacana*, *S. heliantha*, *T. bicolor*, *T. flammea*, *T. hintonii*, *T. huajuapensis*, *T. inusitata* y *T. orthantha* (Lem.) Ravenna están incluidas en la lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana Nom-059-Semarnat-2010 (Semarnat, 2010). En el caso de *Nemastylis floridana* Small y *Salpingostylis coelestina* (W. Bartram) Small están incluidas en la lista de especies amenazadas y en peligro de extinción de los Estados Unidos de América (Anónimo, 1990, 1993). Sin embargo, ninguna especie de Tigridae del área de estudio está incluida en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la

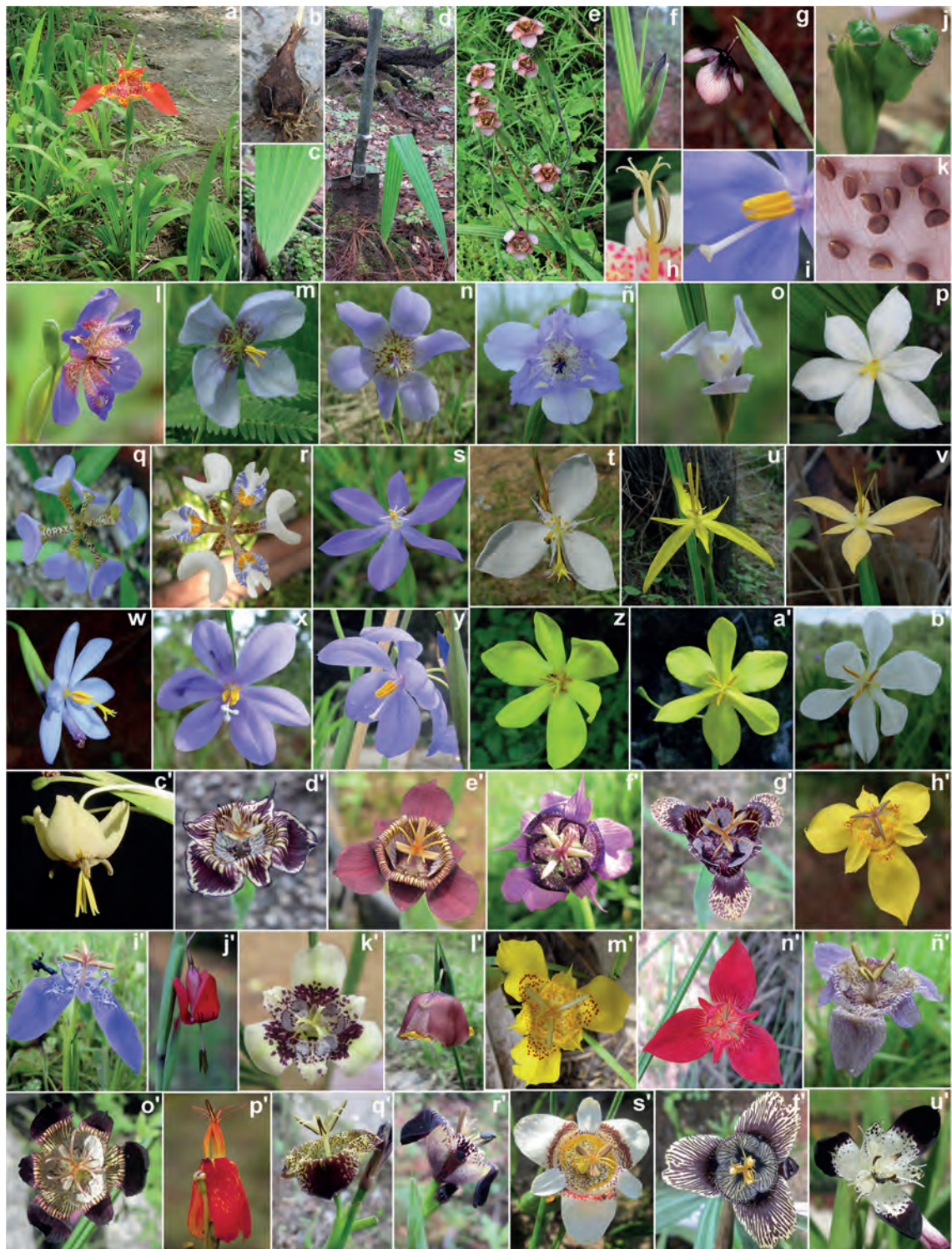


Figura 1. Diversidad de Tigridaeae; a, porte de la planta de *Tigridia pavonia*; b, bulbo; c, base las hojas isobilaterales; d, porte de la hoja de *T. suarezii*; e, inflorescencia de *T. multiflora*; f, espata de *T. graciale*; g, espata con flor de *T. galanthoides*; h, gineceo y androceo de *T. pavonia*; i, gineceo y androceo de *Cardiostigma mexicana*; j, cápsulas de *T. martinezii*; k, semillas de *T. ehrenbergii* ssp. *ehrenbergii*; l, *Alophia drummondii*; m, *A. intermedia*; n, *A. silvestris*; ñ, *A. veracruzana*; o, *Cipura campanulata*; p, *Eleutherine latifolia*; q, *Larentia mexicana*; r, *L. rosei*; s, *Nemastylis tenuis*; t, *Ainea conzattii*; u, *Colima convoluta*; v, *C. tuitensis*; w, *Cardiostigma hintonii*; x, *C. longispatha*; y, *C. mexicana*; z, *Sessilanthra citrina*; a', *S. heliantha*; b', *S. latifolia*; c', *Fosteria oaxacana*; d', *Tigridia alpestris* ssp. *alpestris*; e', *T. multiflora*; f', *T. augusta*; g', *T. bicolor*; h', *T. chrysantha*; i', *T. durangense*; j', *T. flammea*; k', *T. martinezii*; l', *T. meleagris*; m', *T. mexicana* ssp. *mexicana*; n', *T. mortonii*; ñ', *T. matudae*; o', *T. potosina*; p', *T. orthantha*; q', *T. rzedowskiana*; r', *T. suarezii*; s', *T. tepoxtlana*; t', *T. vanhouttei* ssp. *vanhouttei* y u', *T. venusta*. Fotografías de G. Munguía-Lino (b, c, d, f, h-k, p, r, s, x, y, d'-g', i'-o', q'-u'), A. Rodríguez (a, e, g, l-ñ, q, t-v, z-c', p'), V. Ramírez-Cruz (o, h'), J. González-Gallegos (w).

Tabla 1
Resumen de la distribución geográfica de Tigridaeae en Norteamérica

Taxa	Endemismo/país	NR	NC	MaxD (km)	EOO (km ²)	AOO (km ²)
<i>Ainea conzattii</i>	E/M	13	12	124	2,903	44
<i>Alophia drummondii</i>	E/EUA, M	135	162	1,886	480,180	515
<i>Alophia intermedia</i>	E/M	5	10	161	2,470	20
<i>Alophia silvestris</i>	NE	34	43	983	86,104	116
<i>Alophia veracruzana</i>	E/M	9	13	563	6,321	31
<i>Cardiostigma hintonii</i>	E/M	17	16	263	10,028	44
<i>Cardiostigma longispatha</i>	E/M	46	42	791	124,737	168
<i>Cardiostigma mexicana</i>	E/M	41	14	170	7,495	132
<i>Cipura campanulata</i>	NE	289	224	2,118	873,921	1,054
<i>Colima convoluta</i>	E/M	7	4	16	57	20
<i>Colima tuitensis</i>	E/M	3	3	1	0.06	4
<i>Eleutherine latifolia</i>	NE	72	81	1,793	445,644	255
<i>Fosteria oaxacana</i>	E/M	40	23	201	18,998	132
<i>Herbertia lahue</i> ssp. <i>caerulea</i>	E/EUA	26	47	1,097	109,446	100
<i>Larentia mexicana</i>	E/M	14	20	582	44,492	44
<i>Larentia rosei</i>	E/M	16	15	211	10,260	56
<i>Nemastylis floridana</i>	E/EUA	31	24	408	26,438	108
<i>Nemastylis geminiflora</i>	E/EUA	92	130	1,597	921,687	359
<i>Nemastylis nuttallii</i>	E/EUA	15	25	337	36,767	60
<i>Nemastylis tenuis</i>	NE	320	227	2,214	967,347	1,209
<i>Salpingostylis coelestina</i>	E/EUA	16	10	102	4,289	64
<i>Sessilanthra citrina</i>	E/M	8	8	84	916	24
<i>Sessilanthra heliantha</i>	E/M	38	18	186	13,848	140
<i>Sessilanthra latifolia</i>	E/M	31	20	661	55,939	108
<i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>alpestris</i>	E/M	21	8	110	455	40
<i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>obtusata</i>	E/M	15	12	278	6,885	52
<i>Tigridia amatlanensis</i>	E/M	3	3	2	0.2	12
<i>Tigridia augusta</i>	E/M	66	44	648	72,048	236
<i>Tigridia bicolor</i>	E/M	21	6	53	1,341	64
<i>Tigridia catarinensis</i>	E/M	5	3	1	0.06	4
<i>Tigridia chiapensis</i>	E/M	15	8	46	634	48
<i>Tigridia chrysantha</i>	E/M	15	5	47	217	36
<i>Tigridia dugesii</i>	E/M	68	41	505	89,746	236
<i>Tigridia durangense</i>	E/M	31	14	686	29,643	104
<i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i>	E/M	50	49	761	156,203	168
<i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>flaviglandifera</i>	E/M	12	12	162	5,867	40
<i>Tigridia estelae</i>	E/M	7	11	204	5,846	20
<i>Tigridia flammea</i>	E/M	13	5	49	160	28
<i>Tigridia galanthoides</i>	E/M	26	30	438	67,776	96
<i>Tigridia graciela</i>	E/M	4	3	3	1	8
<i>Tigridia hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i>	NE	53	40	989	104,406	200
<i>Tigridia hallbergii</i> ssp. <i>lloydii</i>	E/M	5	4	5	2	8
<i>Tigridia hintonii</i>	E/M	1	3	ND	ND	4
<i>Tigridia huajuapense</i>	E/M	20	9	132	913	56
<i>Tigridia illecebrosa</i>	E/M	13	12	210	5,027	52
<i>Tigridia immaculata</i>	NE	11	16	509	46,949	36
<i>Tigridia inusitata</i>	E/M	18	5	38	253	56
<i>Tigridia mariaetrinitatis</i>	E/M	2	3	1	ND	4
<i>Tigridia martinezii</i>	E/M	8	4	7	6	24
<i>Tigridia matudae</i>	E/M	8	9	126	711	24
<i>Tigridia meleagris</i>	NE	235	109	1,171	329,865	822
<i>Tigridia mexicana</i> ssp. <i>lilacina</i>	E/M	30	23	184	20,987	96
<i>Tigridia mexicana</i> ssp. <i>mexicana</i>	E/M	27	8	83	1,247	88
<i>Tigridia mexicana</i> ssp. <i>passiflora</i>	E/M	45	25	211	20,912	140
<i>Tigridia molseediana</i>	NE	9	7	72	926	36
<i>Tigridia mortonii</i>	E/M	7	3	1	0.3	4
<i>Tigridia multiflora</i>	NE	121	114	1,535	560,082	411
<i>Tigridia orthantha</i>	NE	73	34	632	98,280	216
<i>Tigridia pavonia</i>	NE	217	208	2,462	1,054,305	794
<i>Tigridia potosina</i>	E/M	3	3	4	1	12
<i>Tigridia pugana</i>	E/M	5	6	93	393	12
<i>Tigridia pulchella</i>	E/M	25	18	338	18,604	84
<i>Tigridia purpusii</i>	E/M	1	3	ND	ND	4
<i>Tigridia rzedowskiana</i>	E/M	19	7	346	4,786	40
<i>Tigridia seleriana</i>	NE	13	15	150	7,812	40
<i>Tigridia suarezii</i>	E/M	12	8	89	1,958	28
<i>Tigridia tepoxtlana</i>	E/M	8	4	2	2	16
<i>Tigridia vanhouttei</i> ssp. <i>roldanii</i>	E/M	18	13	138	4,358	72
<i>Tigridia vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i>	E/M	46	10	92	3,642	132
<i>Tigridia venusta</i>	E/M	6	4	14	53	24
<i>Tigridia</i> sp. nov. 1	E/M	1	2	ND	ND	4
<i>Tigridia</i> sp. nov. 2	E/M	2	3	1	ND	4
<i>Tigridia</i> sp. nov. 3	E/M	17	14	172	7,400	60

E (endémica), NE (no endémica), M (México), EUA (Estados Unidos de América), NR (número de registros), NC (número de celdas de la cuadrícula en las que el taxón está presente), MaxD (máxima distancia entre los 2 registros más distantes), EOO (área estimada de la presencia de un taxón), AOO (área de ocupación de un taxón), ND (no determinado).

Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés, 2012). Por este motivo, el presente trabajo es una contribución al estudio de la distribución geográfica de las especies de Tigridaeae, como un punto de partida para proponer su estatus de amenaza y, posteriormente, sugerir estrategias para su conservación.

En este sentido, los objetivos del presente trabajo son los siguientes: 1) analizar la riqueza y distribución geográfica de Tigridaeae mediante el uso de los datos de colecciones biológicas y SIG; 2) determinar las áreas de mayor riqueza de Tigridaeae; 3) estimar el área de distribución geográfica de sus taxa y 4) identificar posibles patrones de distribución del grupo. El conocimiento de las áreas de riqueza y la distribución geográfica son básicos en la identificación de regiones de endemismo y, posteriormente, la determinación de áreas prioritarias para la conservación.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se utilizó el polígono correspondiente a Norteamérica delimitado de acuerdo con el nivel 1 de TDWG (International Working Group on Taxonomic Databases for Plant Sciences). Esta región incluye el subártico de América, oeste y este de Canadá, noroeste, norte central, noreste, suroeste, sur central, suroeste de Estados Unidos de América (EUA) y México (Brummitt, 2001). El área comprende, aproximadamente, 24,315,410 km² y sus coordenadas extremas son: al norte 81°27'3.94", al sur 14°31'58.67", al este 53°4'29.56" y al oeste 169°7'9.01".

Base de datos

Se elaboró una base de datos a partir de la información disponible en las etiquetas de los ejemplares de herbario. Los datos se agruparon en 4 categorías: 1) datos taxonómicos, incluidos familia, género, epíteto específico, autor, subespecie y autor de la subespecie; 2) datos geográficos como país, estado, municipio, localidad, altitud, latitud y longitud; 3) datos ecológicos, tales como hábitat, observaciones y fecha de colecta y 4) datos curatoriales, que son nombre y número del colector, nombre del determinador y nombre de la colección. Finalmente, la base de datos quedó integrada por 2,769 registros, cada registro tiene 25 campos.

Se revisaron ejemplares de 23 colecciones botánicas: Herbario de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo (CHAP); Herbario-Hortorio de Botánica, Colegio de Postgraduados (CHAPA); Herbario Eizi Matuda, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México (CODAGEM); Herbario del Instituto Tecnológico Agropecuario de Jalisco (CREG); Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY); Herbarios de los Centros Interdisciplinarios de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, en Durango (CIIDIR), en Michoacán (CIMI) y en Oaxaca (OAX); Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional

(ENCB); Herbario de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (FCME); Herbario y Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Guadalajara (GUADA); Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO); Herbario Luz María Villarreal de Puga del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG); Herbario del Instituto de Ecología, A. C., Centro Regional del Bajío (IEB); Herbario Iztacala, Facultad de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, Iztacala (IZTA); Herbario Nacional del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU); Herbario de la Sociedad para el Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca (SERO); Herbario del Instituto de Investigación Científica, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGC); Herbario Metropolitano Ramón Riba y Nava Esparza, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa (UAMIZ); Herbario J. Rzedowski, Universidad Autónoma de Querétaro (QMEX); Herbario del Instituto de Ecología, A. C., Xalapa (XAL); Herbario de la Universidad Veracruzana (XALU) y Herbario del Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara (ZEA) (Thiers, 2014).

Se consultaron bases de datos electrónicas para obtener los registros de Tigridaeae en los Estados Unidos de América. Las bases de datos revisadas fueron Tropicos, Jardín Botánico de Missouri (Tropicos.org, 2011), Flora de Texas (Flora of Texas Consortium, 2007) y la SNIB2010-Conabioproyecto Núm. J089 (Rodríguez, 1999). Asimismo, se buscaron registros de Tigridaeae en las siguientes colecciones: University of Arizona Herbarium (ARIZ); National Herbarium of Canada, Canadian Museum of Nature (CANM); Herbarium of the California Academy of Sciences (CAS); AAFC National Collection of Vascular Plants, Agriculture and Agri-Food Canada (DAO); Herbarium of the Biology Department, Duke University (DUKE); Herbarium of the Botany Department, Field Museum of Natural History (F); Herbarium of the Florida Museum of Natural History, University of Florida (FLAS); Gray Herbarium, Harvard University (GH); Kew Herbarium, Royal Botanic Gardens (K); the University of Texas Lundell Herbarium (LL-TEX); Herbarium of the University of Michigan (MICH); Missouri Botanical Garden Herbarium (MO); Erbario, Università di Messina (MS); William and Lynda Steere Herbarium, New York Botanical Garden (NY); Herbarium of the University of Texas at Austin (TEX); University Herbarium, University of California, Berkeley (UC); Dunn-Palmer Herbarium, University of Missouri (UMO); United States National Herbarium, Smithsonian Institution (US) y Wisconsin State Herbarium, University of Wisconsin (WIS) (Thiers, 2014).

También se revisaron artículos, floras y monografías. Entre ellas: Espejo-Serna y López-Ferrari (1996a, 1998); Espejo-Serna et al. (2010); Molseed (1970); Rodríguez y García-Mendoza (2004); Rodríguez, Ortiz-Catedral y Heaton (2003) y Rodríguez y Ortiz-Catedral (2002, 2003a, 2003b, 2005a, 2005b, 2006). Finalmente, se incluyeron registros de la Red-Tigridia, Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (Sinarefi). En la base de datos, cada registro está asociado a un ejemplar de herbario colectado, citado en la literatura o contenido en una base de datos. Para cada registro se corroboró su correcta identidad taxonómica.

La información geográfica de la base de datos fue curada. Se georreferenciaron los registros que carecían de latitud, longitud (grados, minutos y segundos) y altitud (m), los valores fueron estimados mediante los programas ArcView GIS 3.3 (ESRI, 1992-2002) y Google Earth (Google, 2007). Para dicho fin, se usó la cartografía obtenida del portal de geoinformación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Se utilizaron los mapas de curvas de nivel (Conabio, 1998), división política estatal de México (Conabio, 2005), municipios (Inegi, 2002), localidades (Inegi, 2010), hidrografía (Maderey y Torres-Ruata, 1990), uso de suelo (Conabio, 1999) y vegetación (Rzedowski, 1990). De forma análoga, para obtener las coordenadas geográficas fuera del territorio mexicano, se empleó cartografía e imágenes de satélite disponibles en la red (Google, 2007; GADM, 2012; National Atlas, 2012). También se corroboró que la coordenada de cada registro fuera correcta, para esto se utilizó el mapa de las localidades de la Conabio en México (Inegi, 2010) y para los puntos de EUA se sobrepuso una capa con la división administrativa (GADM, 2012). Cuando la localidad no correspondía con la descrita en el apartado de datos geográficos, se estimaron nuevamente las coordenadas. La base de datos se depuró eliminando registros repetidos y localidades dudosas y ambiguas. Para su utilización, fue convertida a un formato compatible con un SIG (Hijmans, Schreuder, De la Cruz y Guarino, 1999), utilizando el programa de cómputo ArcView GIS 3.3 (ESRI, 1992-2002). Finalmente, para facilitar los cálculos de las áreas, toda la cartografía empleada y el mapa de las localidades de Tigridae fueron transformadas a una proyección Azimutal Equivalente de Lambert, utilizando como meridiano central -102° y el ecuador como latitud de referencia. Esta proyección mantiene la exactitud en las medidas de las áreas y muestra las direcciones correctas desde el punto central del mapa (Snyder, 1987; Vargas-Amado et al., 2013).

Riqueza de especies

El número de taxa de Tigridae se cuantificó por: 1) países de Norteamérica; 2) división política por país; 3) ecorregión; 4) una cuadrícula de 45×45 km y 5) los criterios geográficos latitud, longitud y altitud. Dentro de cada país, la división estatal y provincial siguió la propuesta de Conabio (2005) y GADM (2012). Es importante resaltar que para su estudio, se han planteado diversas propuestas de regionalización para Norteamérica de acuerdo con varios criterios. Sin embargo, la mayoría no son compatibles entre los 3 países, excepto la división por provincias geológicas (Osmonson, Persits, Steinshouer y Klett, 2000) y ecorregiones terrestres (Olson et al., 2001). Una ecorregión terrestre es un territorio que contiene a un conjunto de comunidades naturales, que comparte a la mayoría de sus especies, que posee la misma dinámica y que muestra las mismas condiciones ambientales (Olson et al., 2001). Debido a que se ha observado que las especies de Tigridae tienden a agruparse por las condiciones ambientales se seleccionó este criterio. Olson et al. (2001) reconocieron 825 ecorregiones en el planeta, de las cuales 125 están en Norteamérica.

Para establecer el tamaño de la celda en la cuadrícula se siguió la metodología de Willis et al. (2003), con una modificación formulada por Suárez-Mota y Villaseñor (2011). Con base en esta metodología, se promedió la máxima distancia de cada taxón y el valor se dividió entre 10. El cociente fue usado para definir el tamaño de la celda. Debido a que el origen de la cuadrícula y el tamaño de la celda son arbitrarios e influyen en los resultados, los registros fueron asignados a las celdas utilizando el método de vecindad circular, con un radio igual al tamaño de la celda. De acuerdo con este método, un registro puede ser asignado a más de una celda en aquellos casos en que el registro se localizara adyacente a otra celda (Hijmans y Spooner, 2001; Vargas-Amado et al., 2013). El tamaño de la celda en la cuadrícula fue de 45×45 km, es decir, un área de $2,025 \text{ km}^2$ y el área circular analizada para la asignación de taxa a cada celda fue de, aproximadamente, $6,361 \text{ km}^2$. Una desventaja de este método es la sobre estimación del área en que la especie puede ocurrir. Sin embargo, el empleo de vecindad circular muestra los patrones constantes de riqueza de especies, sin importar el origen de la cuadrícula (Hijmans y Spooner, 2001; Vargas-Amado et al., 2013).

Por último, la riqueza de taxa por latitud, longitud y altitud fue estimada. Para el cálculo del número de taxa por latitud y longitud, se crearon 2 nuevas cuadrículas en el programa DIVA-GIS 4.2. En la primera, se ajustó la resolución a una columna para crear 29 filas de 45 km correspondientes a la latitud. De forma análoga, en la segunda se generó una fila para obtener 36 columnas de 45 km correspondientes a la longitud. Finalmente, se graficó el número de taxa por latitud y longitud. Para calcular la cantidad de especies por altitud, los registros se agruparon en clases de 250 m y se graficó el número de taxa presentes en cada clase (Hijmans y Spooner, 2001; Vargas-Amado et al., 2013).

Área de distribución

La distribución geográfica de los taxa de Tigridae se estimó con el uso del programa DIVA-GIS 4.2 (Hijmans et al., 2004). Se evaluaron los siguientes parámetros para cada taxón: 1) la máxima distancia observada entre 2 registros (MaxD); 2) la extensión de la presencia (EOO) y 3) el área de ocupación (AOO). La EOO es el área contenida dentro del polígono de menor superficie que contenga todos los sitios que ocupa un taxón (IUCN, 2012). Esta medida se calculó mediante el método del polígono convexo mínimo (Hijmans y Spooner, 2001; IUCN, 2012; Vargas-Amado et al., 2013). A su vez, el AOO es el área ocupada por un taxón que se encuentra dentro de la extensión de la presencia y representa el hábitat adecuado para la especie. Se calculó empleando una cuadrícula de 2×2 km, que es la escala apropiada para permitir que un taxón pueda ser evaluado o no en peligro crítico de extinción (IUCN, 2012; Vargas-Amado et al., 2013; Willis et al., 2003).

Resultados

Base de datos

La base de datos está integrada por 3,250 registros únicos, 13 géneros, 66 especies y 7 subespecies de Tigridae. Se elimi-

naron 481 registros que contenían localidades repetidas para el mismo taxón o localidades ambiguas y dudosas. De esta manera, 2,769 registros fueron analizados. Alrededor de 47% de estos datos fueron georreferidos. El número de registros varió de 1 en *Tigridia hintonii*, *T. purpusii* y *Tigridia* sp. nov. 1 hasta 320 en *Nemastylis tenuis* (Herb.) S. Watson (tabla 1).

En la base de datos se incluyen nuevos registros. *Tigridia rzedowskiana* Aarón Rodr. y L. Ortiz-Cat., se conocía únicamente de la localidad tipo en Querétaro. En este trabajo se informa de su presencia en el estado de Veracruz, 1 km al oeste de Maquixtla, municipio de Calchahualco. Otro ejemplo es *Alophia intermedia* Ravenna considerada como endémica de Sinaloa (Espejo-Serna, 2012; Ravenna, 1964). En este documento se registra para Nayarit.

Riqueza de especies

En Norteamérica crecen 73 taxa incluidos, 13 géneros, 66 especies y 7 subespecies. México es el país con mayor riqueza de Tigridieae; en su territorio crecen 68 taxa representando a 11 géneros, 64 especies y 6 subespecies (tabla 2). *Tigridia* es el género más ampliamente distribuido, está presente en 25 entidades federativas. *Nemastylis tenuis* y *Tigridia pavonia* tienen una distribución amplia en México. Mientras que *Ainea conzatti* y *Fosteria oaxacana* se registran únicamente de Oaxaca. Por último, 31 taxa se encuentran restringidos a 1 estado (tabla 2, figs. 2a y b). Oaxaca es el más rico con 21 taxa, seguido de Jalisco y el Estado de México con 19 cada uno. Por su parte, en Coahuila y Quintana Roo solo se encuentra a *Nemastylis tenuis* y *Cipura campanulata* Aubl., respectivamente. En el resto de los estados se encuentran entre 2 y 9 taxa (tabla 2; figs. 2a y b).

En EUA se encontraron 6 especies y 1 subespecie (tabla 2). *Nemastylis* tiene la distribución más boreal. Por ejemplo, *Nemastylis nutalli* Pickering ex R.C. Foster y *N. geminiflora* Nutt. se localizaron en los alrededores del Parque Nacional Mark Twain, Missouri. Por otra parte, *N. geminiflora* Nutt. presentó la distribución más amplia y se encuentra en Alabama, Arkansas, Kansas, Louisiana, Mississippi, Missouri, Oklahoma y Texas. En contraste, *N. floridana* crece solo en Florida, *N. nutalli* en Missouri y *N. tenuis* en Arizona (tabla 2). *Alophia drummondi* (Graham) R.C. Foster es común en el sureste de Texas. *Herbertia lahue* ssp. *caerulea* (Herb.) Goldblatt se registró de Florida y Texas. Por último, *Salpingostylis coelestina* es endémica de Florida.

La ecorregión en donde crece el mayor número de Tigridieae es el bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana donde se encontraron 36 taxa (tabla 3; fig. 3). Enseguida, se ubicó el bosque de pino-encino de la sierra Madre del Sur con 25 taxa y el bosque tropical caducifolio de la cuenca del río Balsas con 19 taxa. En el bosque de pino-encino de la sierra Madre Occidental crecen 14 taxa, mientras que 13 taxa se registraron para el bosque de pino-encino de la sierra Madre de Oaxaca. Trece taxa prosperan en el bosque de pino-encino de la sierra Madre Oriental y el bosque tropical caducifolio sinaloense. En el bosque de pino-encino de América Central se encontraron 10 taxa. Por último, en el matorral xerófilo tamaulipeco, el mezquital tamaulipeco, las praderas mixtas del centro y sur

de EUA, la sabana de la meseta Edwards, los Everglades, el matorral de pino sobre suelos arenosos de Florida, el bosque de la montaña de Ozark y los bosques mixtos del sureste de EUA se localizó 1 taxón (tabla 3; fig. 3).

El análisis de riqueza de especies por cuadrícula confirmó y resaltó las áreas de mayor riqueza (fig. 4). Cuatro mil doscientas celdas cubrieron el área de estudio y Tigridieae está presente en 826, lo que representa 19.6% de la superficie. En un extremo, se encontraron 391 celdas con 1 taxón, y en el otro, 3 celdas con 12 taxa y 1 celda con 14 (fig. 5). En la celda más rica (fig. 5; celda 3) se localizaron 5 géneros y 14 especies (tabla 4). El área donde se localizó es el centro de México en los límites entre Morelos, Estado de México y el Distrito Federal (fig. 5). Del Estado de México, los municipios incluidos son Lerma, Atizapán de Zaragoza, Ocoyoacac, Capulhuac, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Texcalyacac, Joquicingo y San Mateo Atenco. También están incluidos el norte de Ocuilán, norte de Malinalco, noreste de Tenancingo, este de Tenango, este de Rayón, este de San Antonio la Isla, este de Calimaya, este de Chapultepec, este de Metepec, este de Toluca, suroeste de Otzolotepec y suroeste de Xonacatlán. En Morelos, están incluidos el municipio de Huitzilac, el noreste de Tepoztlán y norte de Cuernavaca. Finalmente, en el Distrito Federal se incluye a la delegación Tlalpan, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Benito Juárez, Coyoacán, este de Xochimilco y este de Milpa Alta. En esta zona también convergen las ecorregiones bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana, bosque tropical caducifolio del Bajío y el bosque tropical caducifolio de la cuenca del río Balsas (fig. 4b).

Al sur de la celda de máxima riqueza, se localizó una de las 3 celdas con 12 taxa (fig. 5; celda 4). Esta se ubica en los límites de los estados de México, Morelos y Guerrero. Contiene los mismos taxa de la celda 3, excepto *Tigridia augusta* y *T. vanhouttei* ssp. *vanhouttei* (tabla 4). Finalmente, las 2 celdas restantes de 12 taxa (fig. 5; celdas 1 y 2), se localizan en el estado de Michoacán. Comparten alrededor de 60-67% de la riqueza de la celda más rica, y, además, albergan a *T. alpestris* ssp. *obtusata* y *T. pulchella* en la celda 1 y *T. durangense* y *T. graciellae* en la celda 2 (tabla 4).

La mayoría de los taxa estuvieron presentes en menos de 50 celdas, en cambio, 8 especies se presentaron en más de 80 celdas. *Nemastylis tenuis* es la especie que se presentó en más celdas, con 227 (tabla 1). Le siguió *Cipura campanulata* con 224 y *Tigridia pavonia* con 208. Por el contrario, las especies que se localizaron en el menor número de celdas son: *Tigridia* sp. nov. 1, presente sólo en 2 celdas y *Colima tuitensis*, *T. amatlanensis*, *T. catarinensis*, *T. graciellae* Aarón Rodr. y L. Ortiz-Cat., *T. hintonii*, *T. mariaetrinitatis*, *T. mortonii*, *T. potosina*, *T. purpusii* y *Tigridia* sp. nov. 2, que se ubicaron en 3 celdas.

En Norteamérica, Tigridieae se distribuye de los 15° a los 38° N y entre los 78° y 110° O. La mayor riqueza de taxa (27-32) y el mayor número de registros (1,777) se encontraron entre los 17° y 21° N (fig. 6a). La distribución de la riqueza de Tigridieae a lo largo de un gradiente longitudinal tuvo una distribución bimodal. En Jalisco, a los 104° O se registró la presencia de 22 taxa y 259 registros. El otro punto se localizó en el Estado

Tabla 2

Riqueza de taxa de Tigridae basado en división política

	País o Estado/taxa/registros	Nombre del taxón
	Estados Unidos 7/284	
1	Alabama 1/1	<i>Nemastylis geminiflora</i>
2	Arizona 1/7	<i>Nemastylis tenuis</i>
3	Arkansas 1/2	<i>Nemastylis geminiflora</i>
4	Florida 3/48	<i>Herbertia lahue</i> ssp. <i>caerulea</i> , <i>Nemastylis floridana</i> , <i>Salpingostylis coelestina</i>
5	Kansas 1/1	<i>Nemastylis geminiflora</i>
6	Lousiana 1/2	<i>Nemastylis geminiflora</i>
7	Mississippi 1/1	<i>Nemastylis geminiflora</i>
8	Missouri 2/26	<i>Nemastylis geminiflora</i> , <i>N. nuttallii</i>
9	Oklahoma 1/1	<i>Nemastylis geminiflora</i>
10	Texas 3/195	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Herbertia lahue</i> ssp. <i>caerulea</i> , <i>Nemastylis geminiflora</i>
	México 68/2,485	
11	Aguascalientes 2/4	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia multiflora</i>
12	Campeche 2/68	<i>Alophia silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i>
13	Chiapas 10/120	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Sessilanthra latifolia</i> , <i>Tigridia chiapensis</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. immaculata</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i>
14	Chihuahua 3/46	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia multiflora</i> , <i>T. pavonia</i>
15	Coahuila 1/1	<i>Nemastylis tenuis</i>
16	Colima 2/10	<i>Colima convoluta</i> , <i>Tigridia meleagris</i>
17	Distrito Federal 4/21	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i>
18	Durango 8/116	<i>Cardiostigma longispatha</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia dugesii</i> , <i>T. durangense</i> , <i>T. estelae</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i>
19	Guanajuato 7/29	<i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia dugesii</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>flaviglandifera</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i>
20	Guerrero 15/160	<i>Cardiostigma longispatha</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Larentia mexicana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Sessilanthra citrina</i> , <i>S. heliantha</i> , <i>S. latifolia</i> , <i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. galanthoides</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. hintonii</i> , <i>T. inusitata</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i>
21	Hidalgo 10/66	<i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>alpestris</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>flaviglandifera</i> , <i>T. martinezii</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>roldanii</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i>
22	Jalisco 19/469	<i>Cardiostigma hintonii</i> , <i>C. longispatha</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Colima tuitensis</i> , <i>Larentia mexicana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. chrysantha</i> , <i>T. dugesii</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>lilacina</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>passiflora</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. pugana</i> , <i>T. pulchella</i> , <i>T. suarezii</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 3
23	Estado de México 19/319	<i>Cardiostigma longispatha</i> , <i>C. mexicana</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>alpestris</i> , <i>T. alpestris</i> ssp. <i>obtusa</i> , <i>T. augusta</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. graciellae</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>lloydii</i> , <i>T. matudae</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>mexicana</i> , <i>T. mortonii</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 2
24	Michoacán 16/153	<i>Cardiostigma hintonii</i> , <i>C. longispatha</i> , <i>C. mexicana</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Larentia mexicana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>obtusa</i> , <i>T. augusta</i> , <i>T. durangense</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. flammea</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. pulchella</i> , <i>T. venusta</i>
25	Morelos 9/71	<i>Cipura campanulata</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Sessilanthra latifolia</i> , <i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. matudae</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. tepoxtlana</i>
26	Nayarit 11/101	<i>Cardiostigma longispatha</i> , <i>Alophia intermedia</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Larentia rosei</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia dugesii</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>passiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 3
27	Nuevo León 3/7	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia multiflora</i> , <i>T. pavonia</i>
28	Oaxaca 21/317	<i>Ainea conzattii</i> , <i>Alophia drummondii</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Fosteria oaxacana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Sessilanthra heliantha</i> , <i>Tigridia amatlanensis</i> , <i>T. bicolor</i> , <i>T. galanthoides</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. huajuapense</i> , <i>T. illecebrosa</i> , <i>T. immaculata</i> , <i>T. mariaetrinitatis</i> , <i>T. molseediana</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. seleriana</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 1
29	Puebla 13/41	<i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Sessilanthra heliantha</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. huajuapense</i> , <i>T. illecebrosa</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. purpusii</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>roldanii</i>
30	Querétaro 7/65	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>flaviglandifera</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. rzedowskiana</i>
31	Quintana Roo 1/22	<i>Cipura campanulata</i>
32	San Luis Potosí 8/39	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia catarinensis</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>flaviglandifera</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. potosina</i>
33	Sinaloa 6/12	<i>Alophia intermedia</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Larentia rosei</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia pavonia</i>
34	Sonora 2/10	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia pavonia</i>
35	Tabasco 4/20	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i>
36	Tamaulipas 6/12	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia multiflora</i> , <i>T. pavonia</i>
37	Tlaxcala 5/12	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>roldanii</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i>
38	Veracruz 11/94	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>A. veracruzana</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. galanthoides</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. rzedowskiana</i>
39	Yucatán 2/55	<i>Alophia silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i>
40	Zacatecas 7/25	<i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. dugesii</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i>

de México, entre los 97 y los 100° O. Aquí se agruparon de 22 a 26 taxa y 1,095 registros (fig. 6b).

Tigridieae crece en un rango altitudinal que va desde 0 hasta 3,500 m (tabla 5; fig. 6c); sin embargo, 43 taxa ocurrieron entre 2,000 y 2,250 m (fig. 6c). *Nemastylis* y *Tigridia* mostraron los rangos altitudinales más amplios. En un extremo, *N. floridana* crece en o cerca del nivel del mar. En el otro, *N. tenuis* prospera desde los 50 hasta los 3,000 m. De forma similar, *T. meleagris* y *T. mexicana* ssp. *passiflora* Molseed crecen en la altitud más

baja (300 m), mientras que *T. alpestris* ssp. *obtusa* Molseed tiene el valor más alto con 3,500 m (tabla 5).

Área de distribución

Tigridieae es un grupo americano. En Norteamérica se distribuye a partir de los límites entre México, Guatemala y Belice (15°04'12.15" N) y termina al noreste de Missouri en el condado de Gasconade, EUA (38°39'07" N). Los valores de MaxD fueron

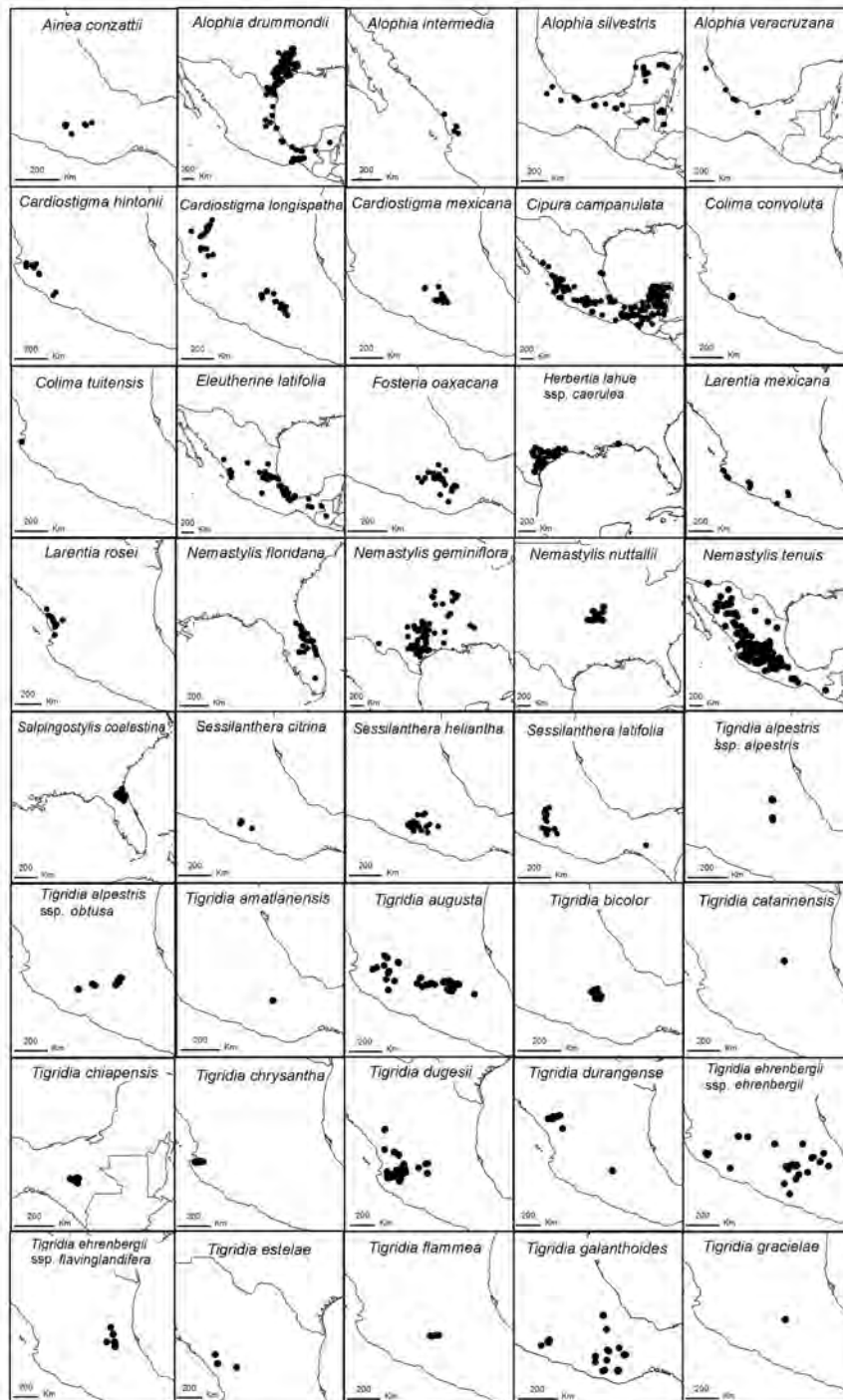


Figura 2a. Mapas de distribución de Tigridieae en Norteamérica.

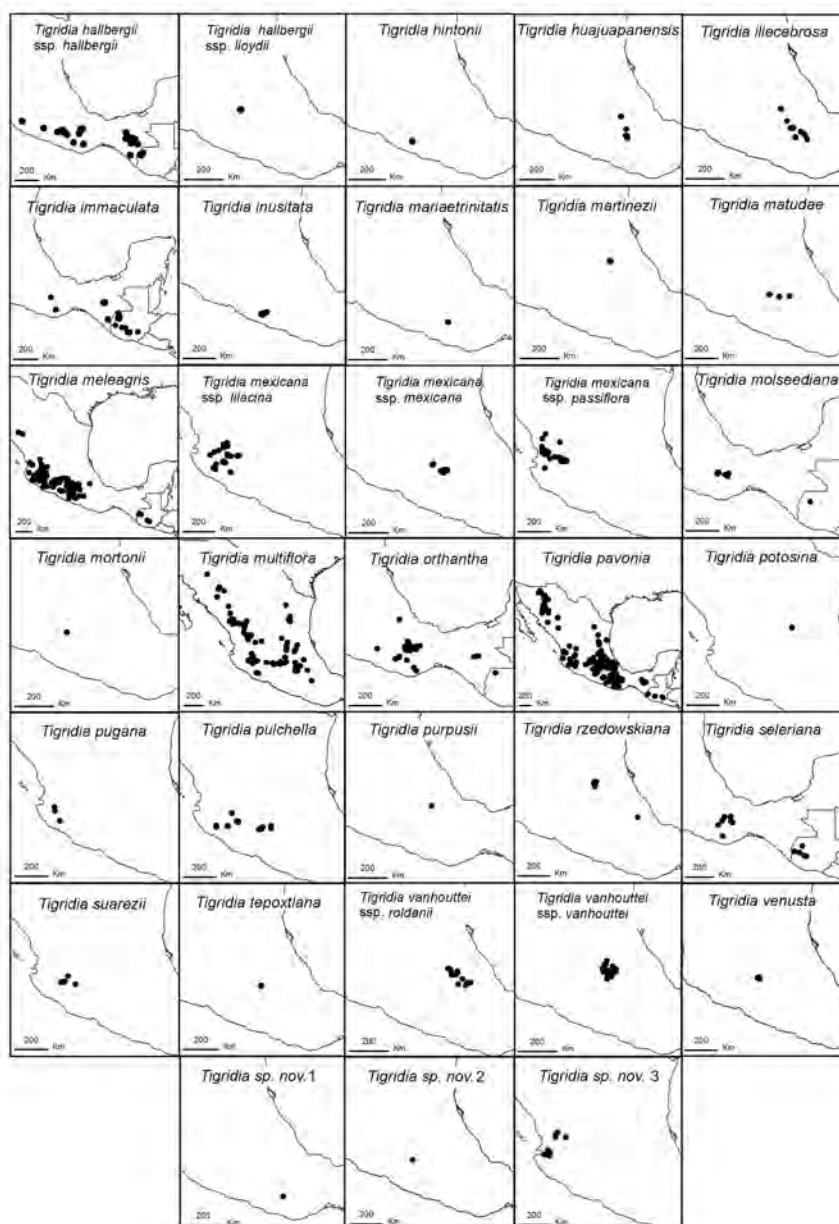


Figura 2b. Mapas de distribución de Tigridae en Norteamérica.

variables. Por un lado, *Cipura campanulata*, *Nemastylis tenuis* y *Tigridia pavonia* tuvieron un valor mayor a 2,000 km. Caso contrario, en *Colima tuitensis*, *T. amatlanensis*, *T. catarinensis*, *T. gracieae*, *T. hallbergii* ssp. *lloydii*, *T. mariaetrinitatis*, *T. martinezii*, *T. mortonii*, *T. potosina*, *T. tepoxtlana* y *Tigridia* sp. nov. 2 la distancia máxima fue menor a 10 km. Por su parte, *Alophia drummondii*, *Eleutherine latifolia* (Standl. y L.O. Williams) Ravenna, *Herbertia lahue* ssp. *caerulea*, *N. geminiflora*, *T. multiflora* y *T. meleagris* mostraron distancias máximas entre 1,000 y 2,000 km. El resto de Tigridae resultó con valores de MaxD que fluctúan entre 10 y 1,000 km. Se estimó que en 28 taxa la mayor distancia entre 2 observaciones fue menor de 100 km (tabla 1).

Los valores directos (sin análisis crítico) de EOO no mostraron tendencias ni patrones definidos (tabla 1). En un extremo *Tigridia pavonia* tuvo la mayor extensión con un valor de

1,054,305 km². En contraste, *Colima tuitensis* y *Tigridia catarinensis* presentaron el valor más bajo con 0.06 km². Valores de EOO mayores a 20,000 km² se encontraron en 25 taxa. Otros 13 taxa tuvieron un valor entre 5,000 y 20,000 km². Diecinueve taxa mostraron valores entre 100 y 5,000 km². Valores menores a 100 km², fueron registrados para 11 taxa (tabla 1).

La mayoría de los taxa mostraron valores de ocupación restringida (tabla 1). Estos cambiaron de 1,209 km² en *Nemastylis tenuis* a 4 km² en *Colima tuitensis*, *Tigridia catarinensis* y *T. mortonii*. Ningún taxón mostró valores de AOO por arriba de 2,000 km². En 5 taxa los valores oscilaron entre 500 y 2,000 km². Por su parte, 58 taxa tuvieron un área de ocupación entre 10 y 500 km². Finalmente, *Colima tuitensis*, *T. catarinensis*, *T. gracieae*, *T. hallbergii* ssp. *lloydii* y *T. mortonii* tuvieron un AOO menor a 10 km².

Tabla 3
Distribución geográfica de Tigridaeae por ecorregión

Ecorregión	NT	NR	Taxa
1 Bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana	36	752	<i>Cardiostigma hintonii</i> , <i>C. mexicana</i> , <i>C. longispatha</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Colima tuitensis</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Sessilanthra latifolia</i> , <i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>alpestris</i> , <i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>obtusata</i> , <i>T. augusta</i> , <i>T. chrysantha</i> , <i>T. dugesii</i> , <i>T. durangense</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. flammea</i> , <i>T. graciela</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>lloydii</i> , <i>T. huajuapense</i> , <i>T. illecebroso</i> , <i>T. matudae</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>lilacina</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>mexicana</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>passiflora</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. pugana</i> , <i>T. pulchella</i> , <i>T. rzedowskiana</i> , <i>T. suarezii</i> , <i>T. tepoxtlana</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>roldanii</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i> , <i>T. venusta</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 3
2 Bosque de pino-encino de la sierra Madre del Sur	25	241	<i>Ainea conzattii</i> , <i>Cardiostigma hintonii</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Fosteria oaxacana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Sessilanthra citrina</i> , <i>S. heliantha</i> , <i>S. latifolia</i> , <i>Tigridia amatlanensis</i> , <i>T. bicolor</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. galanthoides</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. hintonii</i> , <i>T. huajuapense</i> , <i>T. illecebroso</i> , <i>T. immaculata</i> , <i>T. inusitata</i> , <i>T. mariaetrinitatis</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. seleriana</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 1
3 Bosque tropical caducifolio de la cuenca del río Balsas	19	149	<i>Cardiostigma longispatha</i> , <i>C. mexicana</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Fosteria oaxacana</i> , <i>Larentia mexicana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Sessilanthra heliantha</i> , <i>S. latifolia</i> , <i>Tigridia bicolor</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. huajuapense</i> , <i>T. illecebroso</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>mexicana</i> , <i>T. mortonii</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 2
4 Bosque de pino-encino de la sierra Madre Occidental	14	264	<i>Cardiostigma longispatha</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. dugesii</i> , <i>T. durangense</i> , <i>T. estelae</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>lilacina</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>passiflora</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 3
5 Bosque de pino-encino de la sierra Madre de Oaxaca	13	139	<i>Ainea conzattii</i> , <i>Alophia silvestris</i> , <i>Fosteria oaxacana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. galanthoides</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. illecebroso</i> , <i>T. immaculata</i> , <i>T. molseediana</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. seleriana</i>
6 Bosque de pino-encino de la sierra Madre Oriental	13	119	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis geminiflora</i> , <i>N. tenuis</i> , <i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>alpestris</i> , <i>T. catarinensis</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>flaviglandifera</i> , <i>T. martinezii</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. potosina</i> , <i>T. rzedowskiana</i>
7 Bosque tropical caducifolio sinaloense	13	115	<i>Alophia intermedia</i> , <i>Cardiostigma longispatha</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Larentia rosei</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. dugesii</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>passiflora</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>Tigridia</i> sp. nov. 3
8 Bosque de pino-encino de América Central	10	99	<i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia chiapensis</i> , <i>T. hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. immaculata</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. seleriana</i>
9 Bosque tropical caducifolio del Bajío	9	59	<i>Cipura campanulata</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. dugesii</i> , <i>T. ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>lilacina</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i>
10 Matorral xerófilo del centro de México	8	119	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. dugesii</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>roldanii</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i>
11 Bosque tropical caducifolio de Jalisco	8	40	<i>Cardiostigma hintonii</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Colima convoluta</i> , <i>Larentia mexicana</i> , <i>L. rosei</i> , <i>Tigridia augusta</i> , <i>T. meleagris</i> , <i>T. mexicana</i> ssp. <i>lilacina</i>
12 Bosque tropical perennifolio del Petén-Veracruz	8	69	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>A. veracruzana</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Sessilanthra latifolia</i> , <i>Tigridia galanthoides</i> , <i>T. orthantha</i>
13 Bosque mesófilo de montaña de Oaxaca	7	29	<i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Fosteria oaxacana</i> , <i>Tigridia molseediana</i> , <i>T. orthantha</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. seleriana</i>
14 Bosque tropical caducifolio del sur del pacífico Mexicano	6	23	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Fosteria oaxacana</i> , <i>Larentia mexicana</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia pavonia</i>
15 Bosque tropical perennifolio de Veracruz	6	58	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. veracruzana</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>flaviglandifera</i> , <i>T. pavonia</i>
16 Bosque tropical caducifolio de la depresión central de Chiapas	5	14	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Sessilanthra latifolia</i> , <i>Tigridia hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. meleagris</i>
17 Matorral xerófilo de la meseta central	5	18	<i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia durangense</i> , <i>T. multiflora</i> , <i>T. rzedowskiana</i>
18 Manglares del golfo y Caribe mesoamericanos	5	10	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>A. veracruzana</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i>
19 Matorral xerófilo del valle de Tehuacán	5	7	<i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i> , <i>T. illecebroso</i> , <i>T. pavonia</i> , <i>T. purpusii</i> , <i>T. vanhouttei</i> ssp. <i>roldanii</i>
20 Pantanos de Centla	4	7	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i> , <i>Eleutherine latifolia</i>
21 Bosque tropical caducifolio de Veracruz	4	9	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i> y <i>Eleutherine latifolia</i>
22 Bosque mesófilo de montaña de Chiapas	3	11	<i>Cipura campanulata</i> , <i>Tigridia hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. pavonia</i>
23 Bosques del este central de Texas, EUA	3	50	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Herbertia lahue</i> ssp. <i>caerulea</i> , <i>Nemastylis geminiflora</i>
24 Sierra de Los Tuxtlas	3	13	<i>Alophia drummondii</i> , <i>A. silvestris</i> , <i>Eleutherine latifolia</i>
25 Bosque tropical perennifolio de la sierra Madre de Chiapas	3	4	<i>Cipura campanulata</i> , <i>Tigridia hallbergii</i> ssp. <i>hallbergii</i> , <i>T. pavonia</i>
26 Bosques de coníferas del sureste de EUA	3	41	<i>Herbertia lahue</i> ssp. <i>caerulea</i> , <i>Nemastylis floridana</i> , <i>Salpingostylis coelestina</i>
27 Praderas Blackland en Texas, EUA	3	30	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Herbertia lahue</i> ssp. <i>caerulea</i> , <i>Nemastylis geminiflora</i>
28 Praderas costeras del occidente del golfo de EUA	3	46	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Herbertia lahue</i> ssp. <i>caerulea</i> , <i>Nemastylis geminiflora</i>
29 Bosque tropical caducifolio de América Central	2	3	<i>Alophia silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i>

(Continúa)

Tabla 3

Distribución geográfica de Tigridaeae por ecorregión. Abreviaturas: NT (número de taxa), NR (número de registros) (Cont.)

	Ecorregión	NT	NR	Taxa
30	Transición del bosque central y pastizal en EUA	2	16	<i>Nemastylis geminiflora</i> , <i>N. nuttallii</i>
31	Bosques leñosos del centro de EUA	2	22	<i>Nemastylis geminiflora</i> , <i>N. nuttallii</i>
32	Desierto chihuahuense	2	13	<i>Nemastylis tenuis</i> , <i>Tigridia pavonia</i>
33	Bosque mesófilo de montaña de los Chimalapas	2	5	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Cipura campanulata</i>
34	Bosque de Piney Woods en Texas	2	29	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Nemastylis geminiflora</i>
35	Bosque mesófilo de montaña de Veracruz	2	7	<i>Eleutherine latifolia</i> , <i>Tigridia pavonia</i>
36	Bosque tropical caducifolio de Yucatán	2	85	<i>Alophia silvestris</i> , <i>Cipura campanulata</i>
37	Bosque tropical perennifolio de Yucatán	2	55	<i>Alophia drummondii</i> , <i>Cipura campanulata</i>
38	Praderas mixtas del centro y sur de EUA	1	1	<i>Nemastylis geminiflora</i>
39	Sabana de la meseta Edwards, EUA	1	25	<i>Nemastylis geminiflora</i>
40	Everglades, EUA	1	1	<i>Nemastylis floridana</i>
41	Matorral de pino sobre suelos arenosos de Florida	1	6	<i>Nemastylis floridana</i>
42	Bosque de la montaña de Ozark, EUA	1	2	<i>Nemastylis geminiflora</i>
43	Bosques mixtos del sureste de EUA	1	2	<i>Nemastylis geminiflora</i>
44	Matorral xerófilo tamaulipeco	1	2	<i>Nemastylis tenuis</i>
45	Mezquital tamaulipeco	1	6	<i>Alophia drummondii</i>

Abreviaturas: NT (número de taxa), NR (número de registros).

Discusión

Base de datos

Aunque estudios monográficos y florísticos, mencionados en la introducción, incluyen la distribución geográfica de Tigridaeae, este trabajo es el primer análisis de su riqueza y distribución geográfica en Norteamérica, utilizando un SIG. El origen de los datos es la información contenida en las etiquetas de los ejemplares de herbario, aclarando que solo recientemente se usa un GPS (Global Positioning System) para determinar latitud, longitud y altitud. En este caso, de los 2,769 registros analizados, en 1,300 (47%) la información geográfica fue inferida. Para aumentar la precisión en el proceso de georreferenciación es necesario reunir toda la evidencia posible como localidad, uso actual del suelo, rutas de colecta, altitud, clima, tipo de suelo y vegetación donde crece la especie (Willis et al., 2003). Por último, es importante la depuración de los datos y la correcta determinación taxonómica de los ejemplares de herbario.

Riqueza de especies

Norteamérica, en general, y México, en particular, son un centro de diversificación de Tigridaeae (Rodríguez y Sytsma, 2006). El grupo está representado por 73 taxa, incluidos 13 géneros, 66 especies y 7 subespecies (tabla 1). *Tigridia* es el género más diverso con 43 especies y 6 subespecies. En contraste, *Ainea*, *Cipura*, *Eleutherine*, *Fosteria*, *Herbertia* y *Salpingostylis* están representados por 1 especie.

Tigridaeae es un grupo exclusivo de América. Incluye 172 especies agrupadas en 14 o 15 géneros (Goldblatt et al., 2008; Goldblatt y Manning, 2008). La evidencia molecular apoya la monofilia del grupo (Goldblatt et al., 2008; Rodríguez y Sytsma, 2006). Sin embargo, la pertenencia de las especies a un

género, el reconocimiento de los géneros y su relación de parentesco aún se encuentran sujetos a discusión. En consecuencia, la comparación de riqueza a nivel de géneros resultaría arbitraria. Por el contrario, la comparación de especies y su riqueza indica que en Norteamérica están presentes el 38.3% de las especies de la tribu. *Ainea*, *Cardiostigma*, *Colima*, *Fosteria*, *Salpingostylis* y *Sessilanthra* son endémicos de Norteamérica, aunque Goldblatt y Manning (2008) y Goldblatt et al. (2008) incluyen a *Ainea*, *Cardiostigma*, *Colima*, *Fosteria* y *Sessilanthra* dentro del género *Tigridia*. Este último grupo es el más diverso en la tribu y casi endémico, excepto por *T. hallbergii* Molseed ssp. *hallbergii*, *T. immaculata* (Herb.) Ravenna, *T. meleagris*, *T. molseediana* Ravenna, *T. multiflora*, *T. orthantha* y *T. pavonia* cuya distribución geográfica se extiende hasta Guatemala (figs. 2a-b). Otro género casi exclusivo de Norteamérica es *Nemastylis*, excepto por *N. tenuis* que también se ha registrado de Guatemala (fig. 2a).

En Norteamérica, el endemismo de Tigridaeae es alto. Sesenta y un taxa son endémicos, lo que representa el 84%. De estos, 55 (75%) son exclusivos de México. En particular, *Tigridia* agrupa a 41 taxa endémicos. En México, Espejo-Serna (2012) estimó que Iridaceae ocupa el sexto sitio en endemismo con 76 especies, de las cuales 56 corresponden a Tigridaeae. Dentro del territorio mexicano la distribución de endemismos no es uniforme. Oaxaca es el estado que tiene el mayor número de taxa endémicos (6), seguido de Jalisco (5) y el Estado de México (5). Aun y cuando en el presente trabajo se encontró que *Tigridia chiapensis* es la única Tigridaeae endémica de Chiapas, esta contribución es congruente en gran parte con Espejo-Serna (2012), quien indicó que Oaxaca y Chiapas son los estados con mayor número de Liliopsidas endémicas. Rodríguez y Ortiz-Catedral (2001) propusieron que el endemismo de Tigridaeae en México ha sido favorecido por el accidentado relieve, la topografía y la diversidad climática del país. Nuestros estudios apoyan esta idea, ya

que Jalisco y Oaxaca son estados mexicanos con una gran variedad topográfica y climática. No obstante, queda la duda sobre la intensidad de colecta en Guerrero y Michoacán, estados que comparten gran porción de la sierra Madre del Sur.

En Norteamérica, la riqueza de Tigridae es heterogénea y, en general, está concentrada en 3 zonas de México. La primera se localiza en el occidente, e incluye al estado de Jalisco y las

áreas adyacentes de Colima, Nayarit y Zacatecas. La segunda incluye al sureste de Guanajuato, sur de Querétaro, noreste de Michoacán, centro y sur del Estado de México, centro y norte de Guerrero, Distrito Federal, Morelos, sur de Tlaxcala y norte de Puebla. Ambas son parte del bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana en donde se han registrado 36 taxa. Por último, la tercera se localiza en Oaxaca a lo largo

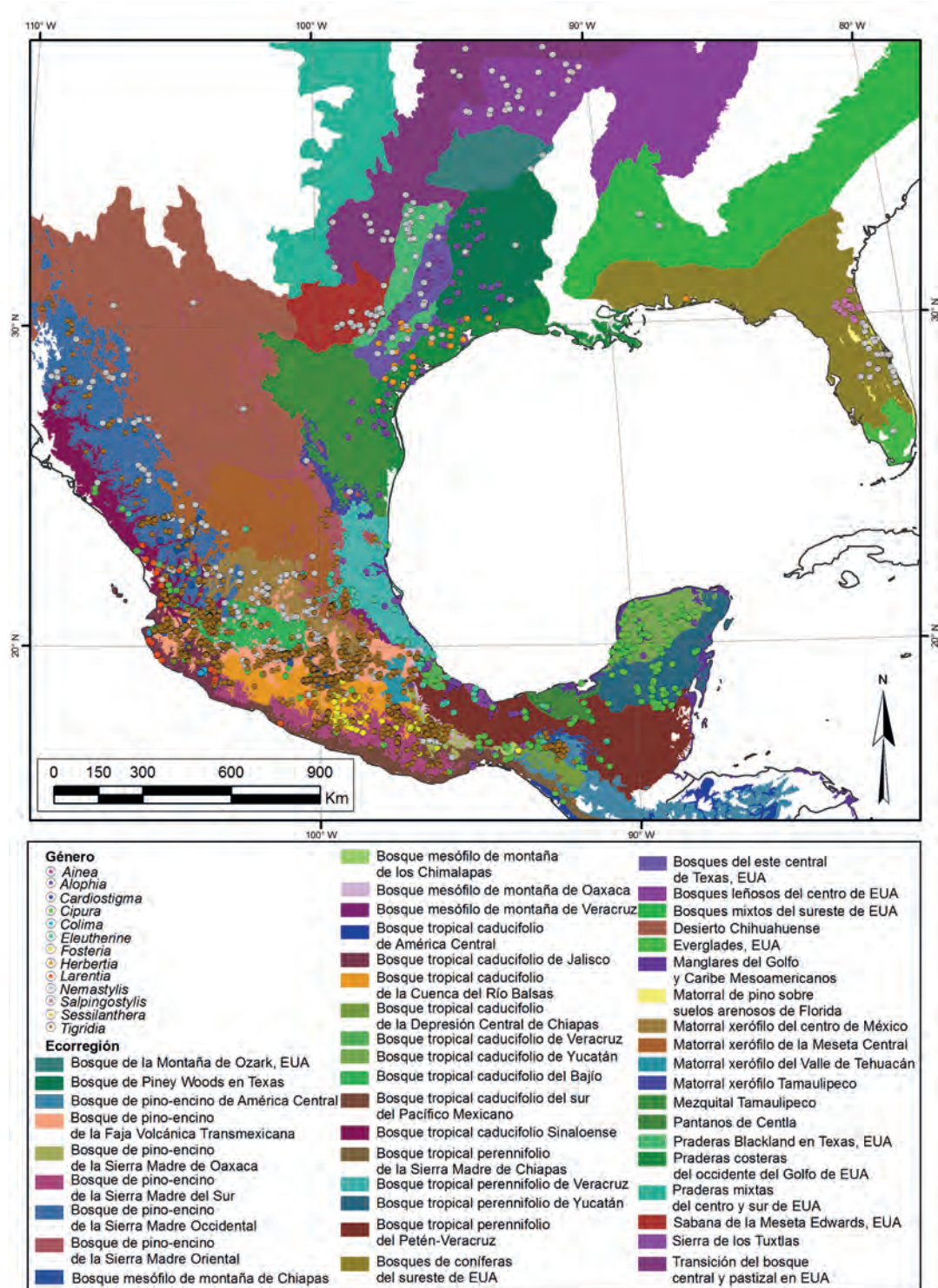


Figura 3. Distribución de Tigridae en las ecorregiones propuestas por Olson et al. (2001).

del bosque de pino-encino de la sierra Madre del Sur, aquí es posible encontrar a 25 taxa (tabla 3).

Cuatro celdas con 12 y 14 especies de Tigridaeae (figs. 4a-b; tabla 4) albergan el mayor número de especies por unidad de análisis y equivalen a un área de 8,100 km². Considerando que

México tiene una superficie de 1,953,162 km², Tigridaeae ocupa el 0.4% del territorio del país. Las celdas no están continuas, por el contrario, 2 de ellas se localizan en noreste de Michoacán (fig. 4b; celdas 1 y 2), las otras 2 cubren los límites entre el Estado de México, Morelos, Guerrero y el Distrito Federal (fig. 4b;

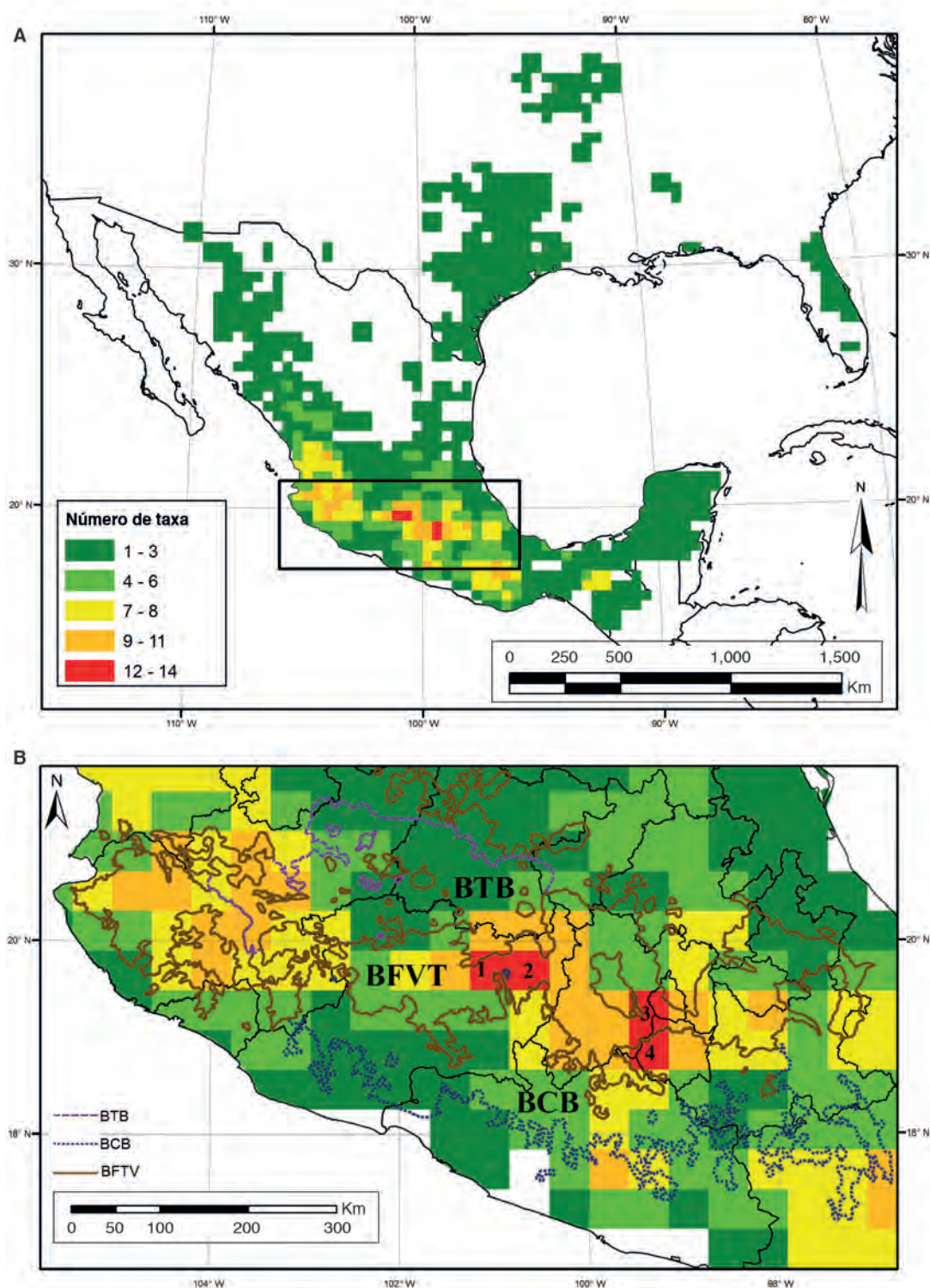


Figura 4. Riqueza de Tigridaeae en Norteamérica; a, riqueza de Tigridaeae por cuadrícula de 45x45 km y b, sitios y ecorregiones de mayor riqueza. Abreviaturas: BCB (bosque tropical caducifolio de la cuenca del río Balsas), BFTV (bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana) y BTB (bosque tropical caducifolio del Bajío).

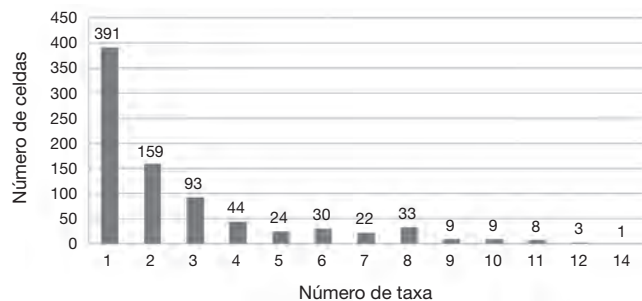


Figura 5. Número de taxa de Tigridae por cuadrícula.

celdas 3 y 4). En su mayoría, las celdas del noreste de Michoacán se localizan en el bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana, pero pequeñas porciones en el norte de las celdas son parte del bosque tropical caducifolio del Bajío (fig. 4b; celdas 1 y 2). De forma similar, el bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana cubre gran parte de las otras 2 celdas, pero en una porción del extremo sur está presente el bosque tropical caducifolio de la cuenca del río Balsas (fig. 4b; celdas 3 y 4). En conclusión, las áreas de alta riqueza de Tigridae se localizan principalmente en el bosque de pino-encino y su transición con el bosque tropical caducifolio. Las especies crecen en lugares abiertos, principalmente dentro del bosque de coníferas y encinos, bosques mesófilo de montaña, tropical perennifolio, tropical subcaducifolio, tropical caducifolio y espinoso. Con menos frecuencia se encuentran en el matorral xerófilo y el pastizal. La mayoría prefieren taludes rocosos. Es común encontrar a *Nemastylis tenuis*, *Tigridia augusta*, *T. chiapensis*, *T. durangense* Molseed ex Cruden, *T. mexicana* ssp. *mexicana* y *T. seleriana* (Loes.) Ravenna asociadas a corrientes de agua o creciendo en terrenos con poca pendiente y temporalmente inundados. Las observaciones en campo sugieren que su crecimiento y proliferación es favorecido por la for-

mación de espacios abiertos. Por otra parte, poblaciones de *Cipura campanulata*, *Eleutherine latifolia*, *Larentia rosei* (Morton y Foster) Goldblatt, *N. tenuis*, *T. augusta*, *T. dugesii* S. Watson, *T. mexicana* ssp. *mexicana* y *T. mexicana* ssp. *pasiflora* son frecuentes cerca de pueblos, al lado de caminos y vías de comunicación.

Áreas de distribución

Los valores MaxD, EOO y AOO son útiles para evaluar si una especie tiene rangos geográficos amplios o restringidos (Vargas-Amado et al., 2013). Los valores de EOO indicaron que *Tigridia pavonia* tuvo la mayor amplitud geográfica, pero el AOO más alto lo presentó *Nemastylis tenuis* (tabla 1). El rango geográfico amplio de *Tigridia pavonia* puede deberse a introducciones humanas recientes, ya que esta especie es utilizada con fines ornamentales y es común encontrarla en jardines de traspatio o de forma silvestre entre los cultivos de maíz (Vázquez, 2011). En el análisis solo se consideraron las poblaciones silvestres. Caso contrario, las poblaciones de *Nemastylis tenuis* son más frecuentes y se les encuentra en pastizales, en terrenos inundados al lado de las carreteras,

Tabla 4

Riqueza de especies por cuadrícula de 45×45 km. Se muestran las 4 celdas más ricas con base en la figura 3b

Taxa	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4
<i>Cardiostigma longispatha</i>	x	x	x	x
<i>Cardiostigma mexicana</i>	x	x		
<i>Cipura campanulata</i>	x	x	x	x
<i>Nemastylis tenuis</i>	x	x	x	x
<i>Sessilanthra latifolia</i>			x	x
<i>Tigridia alpestris</i> ssp. <i>obtusa</i>	x			
<i>Tigridia augusta</i>	x		x	
<i>Tigridia durangense</i>		x		
<i>Tigridia ehrenbergii</i> ssp. <i>ehrenbergii</i>			x	x
<i>Tigridia flammea</i>	x	x		
<i>Tigridia graciela</i>		x		
<i>Tigridia hallbergii</i> ssp. <i>lloydii</i>			x	x
<i>Tigridia matudae</i>			x	x
<i>Tigridia meleagris</i>	x	x	x	x
<i>Tigridia mexicana</i> ssp. <i>mexicana</i>			x	x
<i>Tigridia multiflora</i>	x	x	x	x
<i>Tigridia pavonia</i>	x	x	x	x
<i>Tigridia pulchella</i>	x			
<i>Tigridia tepoxtlana</i>			x	x
<i>Tigridia vanhouttei</i> ssp. <i>vanhouttei</i>			x	
<i>Tigridia venusta</i>	x	x		
Total	12	12	14	12

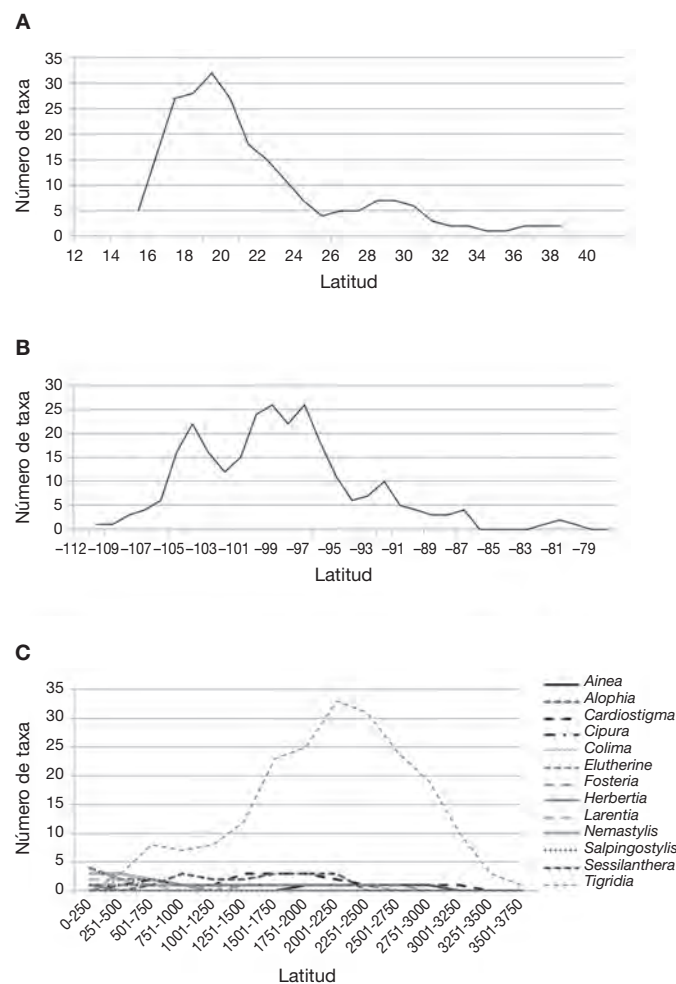


Figura 6. Riqueza de taxa de Tigridae, con base en: A, latitud; B, longitud y C, altitud.

Tabla 5

Resumen de la distribución geográfica de Tigridaeae en Norteamérica por intervalo altitudinal, latitudinal y longitudinal

Taxa	Altitud	Latitud	Longitud
<i>Ainea conzattii</i>	1,800-2,900	16-17	96-97
<i>Alophia drummondii</i>	0-900	16-33	89-99
<i>Alophia intermedia</i>	0-500	21-22	104-105
<i>Alophia silvestris</i>	0-500	17-20	87-97
<i>Alophia veracruzana</i>	0-200	17-21	93-97
<i>Cardiostigma hintonii</i>	1,300-2,000	18-20	103-104
<i>Cardiostigma longispatha</i>	1,000-3,200	18-23	99-105
<i>Cardiostigma mexicana</i>	700-2,500	18-19	99-101
<i>Cipura campanulata</i>	0-2,400	15-24	87-107
<i>Colima convoluta</i>	400-800	19	103
<i>Colima tuitensis</i>	400-500	20	105
<i>Eleutherine latifolia</i>	0-2,400	16-24	90-106
<i>Fosteria oaxacana</i>	1,400-2,600	16-17	96-97
<i>Herbertia lahue ssp. caerulea</i>	0-200	27-30	87-98
<i>Larentia mexicana</i>	0-1,200	17-20	100-105
<i>Larentia rosei</i>	0-500	21-23	104-105
<i>Nemastylis floridana</i>	0-50	26-29	80-81
<i>Nemastylis geminiflora</i>	0-2,400	28-38	87-104
<i>Nemastylis nuttallii</i>	200-500	36-38	91-94
<i>Nemastylis tenuis</i>	50-3,000	16-31	95-110
<i>Salpingostylis coelestina</i>	0-100	29-30	81-82
<i>Sessilanthra citrina</i>	900-2,200	17	99
<i>Sessilanthra heliantha</i>	850-2,200	17-18	98-99
<i>Sessilanthra latifolia</i>	800-2,200	16-18	93-99
<i>Tigridia alpestris ssp. obtusa</i>	2,500-3,500	19-20	99-102
<i>Tigridia alpestris ssp. alpestris</i>	2,400-2,500	19-20	98
<i>Tigridia amatlanensis</i>	2,300-2,500	17	97
<i>Tigridia augusta</i>	900-2,900	19-21	98-104
<i>Tigridia bicolor</i>	1,800-2,600	17-18	97
<i>Tigridia catarinensis</i>	1,600-1,800	22	100
<i>Tigridia chiapensis</i>	2,200-2,400	16	92
<i>Tigridia chrysantha</i>	700-2,300	20	104-105
<i>Tigridia dugessii</i>	1,400-2,600	20-23	101-105
<i>Tigridia durangense</i>	2,100-3,000	19-23	100-105
<i>Tigridia ehrenbergii ssp. flaviglandifera</i>	650-2,300	20-21	99
<i>Tigridia ehrenbergii ssp. ehrenbergii</i>	700-2,900	17-20	97-104
<i>Tigridia estelae</i>	2,100-2,600	23-24	104-105
<i>Tigridia flammula</i>	1,900-2,400	19	100-101
<i>Tigridia galanthoides</i>	1,600-2,400	16-18	96-100
<i>Tigridia graciela</i>	2,900-3,000	19	100
<i>Tigridia hallbergii ssp. hallbergii</i>	1,000-3,000	15-18	92-101
<i>Tigridia hallbergii ssp. lloydii</i>	1,900-2,200	18	99
<i>Tigridia hintonii</i>	2,100	17	100
<i>Tigridia huajuapense</i>	1,500-2,100	17-18	97-98
<i>Tigridia illecebrosa</i>	1,400-2,400	17-18	96-97
<i>Tigridia immaculata</i>	1,800-3,000	15-17	92-96
<i>Tigridia inusitata</i>	1,800-3,200	17	99-100
<i>Tigridia mariaetrinitatis</i>	2,400	17	97
<i>Tigridia martinezii</i>	2,900-3,000	20	98
<i>Tigridia matudae</i>	2,700-3,000	19	98-99
<i>Tigridia meleagris</i>	300-3,000	17-25	97-106
<i>Tigridia mexicana ssp. lilacina</i>	1,200-2,300	19-21	102-104
<i>Tigridia mexicana ssp. mexicana</i>	1,500-2,200	18-19	99-100
<i>Tigridia mexicana ssp. passiflora</i>	300-2,100	20-22	103-104
<i>Tigridia molseediana</i>	1,900-2,300	16-17	96
<i>Tigridia mortonii</i>	1,500-1,700	18	100
<i>Tigridia multiflora</i>	1,600-3,300	18-28	97-108
<i>Tigridia orthantha</i>	1,000-3,200	15-18	92-98
<i>Tigridia pavonia</i>	500-2,800	15-30	92-109
<i>Tigridia potosina</i>	2,300	22	100
<i>Tigridia pugana</i>	1,900-2,100	19-20	104
<i>Tigridia pulchella</i>	1,700-2,800	19-20	101-104
<i>Tigridia purpusii</i>	1,700	18	97
<i>Tigridia rzedowskiana</i>	1,000-2,600	19-21	97-99
<i>Tigridia seleriana</i>	1,700-3,100	16-17	95-96
<i>Tigridia suarezii</i>	2,100-2,800	19-20	102-103
<i>Tigridia tepoxilana</i>	2,200-2,500	19	99
<i>Tigridia vanhouttei ssp. roldanii</i>	2,100-2,700	18-19	97-98
<i>Tigridia vanhouttei ssp. vanhouttei</i>	2,200-2,900	19-20	98-99
<i>Tigridia venusta</i>	2,500-2,900	19	100
<i>Tigridia sp. nov. 1</i>	2,100	16	97
<i>Tigridia sp. nov. 2</i>	1,900	18	100
<i>Tigridia sp. nov. 3</i>	1,000-2,000	20-21	103-105

en bosque tropical caducifolio, bosque de pino-encino y matorral xerófilo. La amplia distribución de *N. tenuis*, puede deberse a su capacidad de dispersión. A diferencia de los otros miembros de Tigridaeae, las especies del género *Nemastylis* poseen semillas angulares o sus extremos están aplanados en forma de alas que les permiten ser dispersadas por el viento (Goldblatt y Manning, 2008). Esto también se observó en *N. geminiflora* (tabla 1).

Los valores de EOO y AOO también son una pauta para la evaluación de la amenaza de las especies de Tigridaeae, la asignación de alguna categoría de riesgo y su posterior inclusión en la lista de especies amenazadas de la IUCN (Bachman, Moat, Hill, De la Torre y Scott, 2011; IUCN, 2012: Willis et al., 2003). Según el criterio “distribución geográfica representada por EOO y AOO”, 43 taxa estarían incluidos dentro de la lista de la IUCN por presentar valores de EOO menores a 20,000 km² (tabla 1). Siguiendo este criterio, 13 taxa estarían en la categoría vulnerables y 19 en peligro. En *Colima convoluta*, *C. tuitensis*, *Tigridia amatlanensis*, *T. catarinensis*, *T. graciela*, *T. hallbergii ssp. lloydii*, *T. martinezii*, *T. mortonii*, *T. potosina*, *T. tepoxilana* y *T. venusta* el valor de EOO es menor a 100 km², en consecuencia, estarían en peligro crítico. En *Tigridia mariaetrinitatis*, *T. hintonii* y *T. purpusii*, los valores EOO no fueron estimados porque sólo se conocen de una población y no han sido recolectadas recientemente (Molseed, 1970). De igual forma, *Tigridia sp. nov. 1* y *Tigridia sp. nov. 2* se han colectado únicamente en una localidad. Sin embargo, utilizando el valor de AOO, todos los taxa son propensos a estar en alguna categoría de riesgo. Cinco taxa estarían en la categoría de vulnerables y 58 en peligro. *Colima tuitensis*, *T. catarinensis*, *T. graciela*, *T. hallbergii ssp. lloydii*, *T. hintonii*, *T. mariaetrinitatis*, *T. mortonii*, *T. purpusii*, *Tigridia sp. nov. 1* y *Tigridia sp. nov. 2* estarían en peligro crítico, pues tienen valores menores de 10 km². El siguiente paso para evaluar propiamente a estos taxa es analizar el número de amenazas particulares que cada uno posee, siguiendo los lineamientos del manual de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2012).

Patrones de distribución

Se identificaron 2 patrones de distribución geográfica de Tigridaeae. Primero, la diversidad se incrementa de norte a sur (fig. 6a) y la mayor riqueza de taxa se concentra a lo largo del bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana (fig. 3). El bosque de encino, el bosque de coníferas y el bosque mixto de pino-encino crecen desde los 1,500 m snm hasta el límite de la vegetación arbórea a los 4,000 m snm. Los árboles dominantes pertenecen a los géneros *Quercus* L. (Fagaceae Dumort.), *Pinus* L. y *Abies* Mill. (Pinaceae Spreng. ex Rudolphi), *Juniperus* L. y *Cupressus* L. (Cupressaceae Gray) y *Arbutus* L. (Ericaceae Juss.), lo que sugiere que las especies prefieren suelos ácidos. La riqueza de Tigridaeae coincide con este intervalo latitudinal, longitudinal, altitudinal y con estos tipos de vegetación (figs. 6a-c). De este modo, el bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana cubre las partes más altas de la provincia morfotectónica de la Faja Volcánica Transmexicana (Ferrusquía-Villafranca, 1998), la

provincia fisiográfica Eje Volcánico Transversal (Rzedowski, 1978) y la provincia biogeográfica del Eje Volcánico Transmexicano (Morrone, 2005). La formación de la Faja Volcánica Transmexicana inició hace aproximadamente 13 millones de años, durante el Mioceno Tardío (Ferrari, Pasquarè, Venegas-Salgado y Romero-Ríos, 1999). Desde entonces, su transformación ha generado irregularidades topográficas y variación climática favoreciendo la diversificación biológica; Tigridaeae es un buen ejemplo. De acuerdo con Goldblatt et al. (2008) y Rodríguez y Sytsma (2006), Tigridaeae es un grupo sudamericano y su presencia en México es el resultado de varios eventos de migración y posterior diversificación. Goldblatt et al. (2008) calcularon la migración de Tigridaeae durante el Mioceno Medio y la diversificación de *Tigridia* y géneros afines en no más de 15 millones de años, evento que coincide con el inicio de la formación de la Faja Volcánica Transmexicana (Ferrari et al., 1999). También la riqueza de especies en esta provincia morfotectónica está documentada para *Sedum* L. (Clausen, 1959), *Pinus* (Farjon y Styles, 1997), *Solanum* sección *Petota* (Hijmans y Spooner, 2001), *Quercus* (Valencia, 2007), *Salvia* L. (Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2011), *Dahlia* Cav. (Carrasco-Ortiz, 2013) y *Cosmos* (Vargas-Amado et al., 2013).

Tigridia es el género más diverso de Tigridaeae; crece en altitudes de los 260 a los 3,500 m, pero la mayor riqueza de especies se concentra entre 2,000 y 2,500 m. Estas altitudes coinciden con la Zona de Transición Mexicana (Morrone, 2010) en las provincias biogeográficas de la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, el Eje Volcánico Transmexicano, la Sierra Madre del Sur y Chiapas. Suárez-Mota, Téllez-Valdés y Lira-Saade (2013) sugirieron que las regiones montañosas son ambientes favorables para una diversificación por el aislamiento geográfico entre las poblaciones.

En Norteamérica, la distribución geográfica de *Alophia*, *Cipura*, *Eleutherine*, *Herbertia*, *Nemastylis* y *Salpingostylis* está concentrada a lo largo de la planicie costera del golfo y constituye el segundo patrón observado (figs. 3, 6c). En México y EUA, Olson et al. (2001) reconocieron en esta zona a las ecorregiones de los Everglades, los afloramientos rocosos del sur de Florida, el matorral de pino sobre suelos arenosos, el bosque de coníferas del sureste de EUA, el bosque de la cuenca baja del río Mississippi, el pastizal de la costa del golfo de México, el matorral xerófilo tamaulipeco, el mezquital tamaulipeco, los pantanos de Centla, la sierra de Los Tuxtlas, el bosque tropical perennifolio de Veracruz, el bosque tropical perennifolio del Petén-Veracruz, los manglares del golfo y Caribe Mesoamericanos y el bosque tropical caducifolio y perennifolio de Veracruz (fig. 4). *Alophia*, *Cipura*, *Eleutherine*, *Herbertia*, *Nemastylis* y *Salpingostylis* crecen en todas las ecorregiones excepto en los afloramientos rocosos del sur de Florida y el bosque de la cuenca baja del río Mississippi. Goldblatt et al. (2008) y Rodríguez y Sytsma (2006) con base en la estimación filogenética de Tigridaeae, sugirieron que la colonización de Norteamérica fue el resultado de múltiples eventos de migración. Uno de ellos originó las Tigridaeae de afinidad tropical concentradas a lo largo de la planicie costera del golfo.

También se identificaron patrones de distribución disyunta. *Alophia* es un género con 5 especies. *Alophia drummondii* se ha registrado de Arkansas, Lousiana, Oklahoma, Tamaulipas, Texas, Veracruz, Chiapas y Tabasco. Por su parte, *A. silvestris* crece en Veracruz, Campeche, Chiapas, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo, Belice, Guatemala, Honduras y Costa Rica. *Alophia veracruzana* y *A. medusa* (Baker) Goldblatt son endémicas de Veracruz, México y Goiás, Brasil, respectivamente. Todas tienen una distribución geográfica a lo largo de la vertiente Atlántica. En contraste, *A. intermedia* (Ravenna) Goldblatt tiene una distribución discontinua, pues sólo se conoce de Sinaloa y Nayarit en la vertiente del Pacífico y crece en el bosque tropical caducifolio sinaloense. Un caso similar ocurre con *Eleutherine latifolia* con distribución continua a lo largo de la vertiente del golfo, además de poblaciones en Nayarit. Aquí, *E. latifolia* y *A. intermedia* son simpátricas.

Recomendaciones

Mediante los datos de colecciones biológicas y analizados con SIG fue posible observar que Tigridaeae está distribuida ampliamente en Norteamérica. México es el país que alberga la mayor riqueza y está concentrada en Jalisco, Estado de México y Oaxaca. La riqueza del grupo se encuentra en el bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana. El bosque de pino-encino y su transición con el bosque tropical caducifolio son los hábitats donde Tigridaeae prospera exitosamente. En este trabajo se plantea la hipótesis de que la formación de la Faja Volcánica Transmexicana fue el evento que originó la diversificación del grupo, especialmente del género *Tigridia*. Futuros estudios biogeográficos tendrán que evaluar este planteamiento.

Finalmente, la identificación de áreas de máxima riqueza y la determinación del área de distribución de los miembros de Tigridaeae, constituyen información fundamental para tomar decisiones en el manejo y conservación del grupo. Pareciera paradójico, que 2 celdas con el mayor número de taxa de Tigridaeae coincidan con la zona humana más densamente poblada en México (fig. 4b; celdas 1 y 2). Este fenómeno también se observa a nivel global (Cincotta, Wisniewski y Engelman, 2000; Myers, Mittermeier, Mittermeier, Da Fonseca y Kent, 2000). Observaciones en campo indican que algunas especies de Tigridaeae son favorecidas por la formación de espacios abiertos y son frecuentes en los caminos y vías de comunicación. No obstante, el crecimiento de las zonas urbanas y las omnipresentes vacas y chivas ponen en riesgo la sobrevivencia de *Tigridia bicolor*, *T. graciellae*, *T. mariaetrinitatis*, *T. matudae*, *T. seleriana* y *T. vanhouttei* ssp. *vanhouttei*. La información generada por esta contribución es crítica para evaluar el estatus de amenaza de las especies y proponer estrategias para su conservación. Así, si conocemos que 93% de Tigridaeae tienen AOO menores a 500 km² (tabla 1), sabemos que muchas de ellas podrían estar amenazadas o críticamente amenazadas. Entonces, es imperativo empezar proyectos para su recuperación. Dado que estas plantas tienen un gran potencial ornamental, los programas de manejo aumentarían los rangos geográficos de poblaciones naturales en comunidades rurales con recursos limitados.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada para realizar los estudios de posgrado GML (251844) y GVA (228901). Agradecemos a los curadores de los herbarios CHAP, CHAPA, CODAGEM, CREG, CICY, CIIDIR, CIMI, OAX, ENCB, FCME, GUADA, HUMO, IBUG, IEB, IZTA, MEXU, SERO, UAGC, UAMIZ, QMEX, XAL, XALU y ZEA por las facilidades brindadas en la consulta de sus colecciones. Nuestra gratitud para Arturo Castro-Castro, Jesús González-Gallegos, Marco Carrasco-Ortiz, Virginia Ramírez-Cruz y Pilar Zamora-Tavares por su apoyo durante el trabajo de campo y en la revisión de ejemplares de herbario. También reconocemos la participación de 2 revisores anónimos y a la editora asociada María de Lourdes Rico-Arce, quienes mejoraron notablemente la primera versión de este manuscrito.

Referencias

- Anónimo. (1990). Endangered and threatened wildlife and plants; withdrawal of proposed rule to list the plant *Salpingostylis coelestina* (Bartham's *Ixia*) as endangered. *Federal Register*, 55, 47081–47088.
- Anónimo. (1993). Endangered and threatened wildlife and plants; review of plant taxa for listing as endangered or threatened species. *Federal Register*, 58, 51144–51190.
- Bachman, S., Moat, J., Hill, A. De la Torre, J. y Scott, B. (2011). *Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: Geospatial Conservation Assessment Tool*. Zookeys: doi:10.3897/zookeys.150.2109.
- Brummitt, R. K. (2001). *World geographical scheme for recording plant distributions*. Pittsburgh: International working group on taxonomic databases for plant sciences (TDWG) y Hunt Institute for Botanical Documentation Carnegie Mellon University.
- Carrasco-Ortiz, M. (2013). *Distribución y riqueza del género Dahlia Cav. (Asteraceae) en México*. Tesis. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara.
- Cincotta, R. P., Wisniewski, J. y Engelman, R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404, 990–992.
- Clausen, R. T. (1959). *Sedum of the Trans-Mexican Volcanic Belt: an exposition of taxonomic methods*. Nueva York: Cornell University Press.
- Conabio. (1998). *Curvas de nivel para la República Mexicana*. México, D. F.: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Conabio. (1999). *Uso del suelo y vegetación modificados por Conabio*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Conabio. (2005). *Mapa base a nivel estatal*. México, D. F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cornejo-Tenorio, G. e Ibarra-Manríquez, G. (2011). Diversidad y distribución del género *Salvia* (Lamiaceae) en Michoacán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1279–1296.
- Cruden, R. W. (1971). The Systematics of *Rigidella* (Iridaceae). *Brittonia*, 23, 217–225.
- Espejo-Serna, A. (2012). El endemismo de las Liliopsida mexicanas. *Acta Botanica Mexicana*, 100, 195–257.
- Espejo-Serna, A. y López-Ferrari, A. R. (1996a). Iridaceae. En A. Espejo-Serna y A. R. López-Ferrari (Eds.), *Las monocotiledóneas mexicanas una sinopsis florística: Dioscoreaceae a Nolinaceae* (pp.44-59). México, D. F.: Consejo Nacional de la Flora de México, A. C., Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad.
- Espejo-Serna, A. y López-Ferrari, A. R. (1996b). Comentarios florísticos-ecológicos sobre las iridáceas mexicanas. *Acta Botanica Mexicana*, 34, 25–47.
- Espejo-Serna, A. y López-Ferrari, A. R. (1998). *Iridaceae. Flora de Veracruz*. Xalapa: Instituto de Ecología, A. C.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R. y Ceja, J. (2010). *Iridaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. México, D. F.: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Biología, Herbario Metropolitano.
- ESRI. (1992-2002). *ArcView 3.3*. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Farjon, A. y Styles, B. T. (1997). *Pinus* (Pinaceae). *Flora Neotropica Monograph* 75. Nueva York: The New York Botanical Garden.
- Feria-Arroyo, T. P., Olson, M. E., García-Mendoza, A. y Solano, E. (2009). A GIS-based comparison of the Mexican National and IUCN methods for determining extinction risk. *Conservation Biology*, 5, 1156–1166.
- Feria-Arroyo, T. P., Solano, E. y García-Mendoza, A. (2010). Reevaluación del riesgo de extinción de cinco especies del género *Polianthes* L. (Agavaceae). *Acta Botanica Mexicana*, 92, 11–28.
- Ferrari, L., Pasquarè, G., Venegas-Salgado, A. y Romero-Ríos, F. (1999). Geology of the Western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block. En H. Delgado-Granados, G. Aguirre-Díaz y J. M. Stock (Eds.), *Cenozoic tectonics and volcanism of Mexico* (pp. 65-83). Boulder: Geological Society of America Special Paper 334.
- Ferrusquía-Villafranca, I. (1998). Geología de México: una sinopsis. En T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución* (pp. 3-108). México, D. F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Flora of Texas Consortium. (2007). *Flora of Texas Database*. Austin, Texas: University of Texas. Recuperado de <http://www.biosci.utexas.edu/prc/Tex.html>
- Foster, R. C. (1945). Studies in the Iridaceae, III. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, 155, 3–54.
- Fresnedo-Ramírez, J. y Orozco-Ramírez, Q. (2013). Diversity and distribution of genus *Jatropha* in México. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60, 1087–1104.
- GADM. (2012). *GADM database of Global Administrative Areas v 2.0*. Berkeley: University of California. Recuperado de <http://www.gadm.org>
- Goldblatt, P. (1982). Chromosome cytology in relation to suprageneric systematic of Neotropical Iridaceae. *Systematic Botany*, 7, 186–198.
- Goldblatt, P. (2002). *Nemastylis*. En Flora of North America Editorial Committee (Eds.), *Flora of North America* (pp. 398-400). New York: America Oxford, University Press.
- Goldblatt, P. y Manning, J. C. (2008). *The Iris family natural history and classification*. Portland, Oregon: Timber Press.
- Goldblatt, P., Rodríguez, A., Powell, M. P., Davies, T. J., Manning, J. C., Van der Bank, M. et al. (2008). Iridaceae 'out of Australasia'? Phylogeny, biogeography, and divergence time based on plastid DNA sequences. *Systematic Botany*, 33, 495–508.
- Google. (2007). *Google Earth Software 4.2*. Recuperado de <http://www.google.es>
- Henrich, J. E. y Goldblatt, P. E. (1994). Iridaceae. In G. Davidse, M. Sousa y A. O. Chater (Eds.), *Flora Mesoamericana: Alismataceae a Cyperaceae* (pp. 71–80). México, D. F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden, The Natural History Museum (London).
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Berrantes, I. et al. (2004). *DIVA-GIS versión 4. Un sistema de información geográfica para el análisis de distribución de especies*. Manual. Lima: Centro Internacional de la Papa, Instituto Internacional de Recursos Genéticos Vegetales.
- Hijmans, R. J., Schreuder, M., De la Cruz, J. y Guarino, L. (1999). Using GIS to check co-ordinates of germoplasm accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 291–296.
- Hijmans, R. J. y Spooner, D. M. (2001). Geographic distribution of wild potato species. *American Journal of Botany*, 88, 2101–2112.
- Inegi. (2002). *Mapa de municipios, 2000*. México, D. F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Inegi. (2010). *Localidades de la República Mexicana, 2010*. México, D. F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). (2012). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la IUCN: Versión 3.1*. Gland y Cambridge: IUCN.

- Lira, J. (2008). Sistemas de información geográfica y análisis espaciales: un método combinado para realizar estudios panbiogeográficos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 281–284.
- Maderey, L. E. y Torres-Ruata, C. (1990). Cuencas hidrológicas en hidrografía e hidrometría. En *Hidrogeografía e hidrometría*, Atlas Nacional de México (1990-1992), Vol. II, Sección IV, 6.1. México, D.F.: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Molseed, E. (1970). *The genus Tigridia (Iridaceae) of Mexico and Central America*. Tesis doctoral. University of California Press.
- Morrone, J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76, 207–252.
- Morrone, J. J. (2010). Fundamental biogeographic patterns across the Mexican Transition Zone: an evolutionary approach. *Ecography*, 33, 355–361.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
- National Atlas. (2012). *National Atlas of the United States*. United States Department of the Interior. U. S. Geological Survey (USGS). Recuperado de <http://www.nationalatlas.gov>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, V. N., Underwood, E. C. et al. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *Bioscience*, 51, 933–938.
- Osmonson, L. M., Persits, F. M., Steinshouer, D. W. y Klett, T. R. (2000). *Geologic Provinces of the World*. Virginia: 2000 World Petroleum Assessment, U. S. Geological Survey (USGS). Recuperado de <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-060/worldmaps.html>
- Paterson, G., Boxshall, G., Thompson, N. y Hussey, C. (2000). Where are all the data? *Oceanography*, 13, 21–24.
- Ravenna, P. (1964). Notas sobre Iridaceae. *Revista del Instituto Municipal de Botánica*, 2, 51–56.
- Rodríguez, A. (1999). *Estudio sistemático y ecológico del género Tigridia (Iridaceae)*. México, D. F.: Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Bases de datos SNIB-Conabio proyecto Núm. J089.
- Rodríguez, A. y García-Mendoza, A. (2004). *Tigridia amatlanensis* (Tigridiae: Iridaceae), a new species from Oaxaca, Mexico. *Brittonia*, 56, 128–131.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. (2001). La tribu Tigridiae (Iridaceae) en México. *Scientia-CUCBA*, 32, 123–136.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. (2002). Nuevas localidades de tigrídias mexicanas: *Tigridia durangense*, *T. ehrenbergii* ssp. *ehrenbergii* y *T. hallbergii* ssp. *lloydii*. *Ibugana*, 10, 61–66.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. (2003a). *Colima* (Tigridiae: Iridaceae), new genus from Western Mexico and a new species: *Colima tuitensis* from Jalisco. *Acta Botanica Mexicana*, 65, 51–60.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. (2003b). *Tigridia graciellae* (Tigridiae: Iridaceae), a new species from Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 64, 31–36.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. (2005a). *Tigridia suarezii* (Iridaceae, Tigridiae), a new species from Jalisco, Mexico. *Novon*, 45, 354–357.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. (2005b). *Tigridia rzedowskiana* (Tigridiae: Iridaceae), una nueva especie del estado de Querétaro, México. *Acta Botanica Mexicana*, 71, 53–59.
- Rodríguez, A. y Ortiz-Catedral, L. (2006). *Tigridia pugana* (Iridaceae: Tigridiae), a new species from Jalisco, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 76, 59–66.
- Rodríguez, A., Ortiz-Catedral, L. y Heaton, E. (2003). Tres nuevas localidades de tigrídias endémicas de México: *Tigridia bicolor*, *T. matudae* y *T. vanhouttei* ssp. *roldanii*. *Acta Botanica Mexicana*, 62, 1–8.
- Rodríguez, A. y Sytsma, K. J. (2006). Phylogenetics of the “tiger-flower” group (Tigridiae: Iridaceae): molecular and morphological evidence. *Aliso*, 22, 412–424.
- Rudall, P. y Wheeler, A. (1988). Pollen morphology in Tigridiae (Iridaceae). *Kew Bulletin*, 43, 693–701.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México, D. F.: Limusa.
- Rzedowski, J. (1990). *Vegetación potencial*. IV. 8.2. *Atlas Nacional de México*. Vol. III. México, D. F.: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Scheldeman, X., Willemen, L., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Romeijn-Peters, E., Restrepo, M. T., Motoche, J. R. et al. (2007). Distribution, diversity and environmental adaptation of highland papayas (*Vasconcellea* spp.) in tropical and subtropical America. *Biodiversity and Conservation*, 16, 1867–1884.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección. México.
- Snyder, J. P. (1987). *Map projections, a working manual*. Washington, D. C.: U. S. Geological Survey Professional Paper 1395.
- Suárez-Mota, M. E. y Villaseñor, J. L. (2011). Las compuestas endémicas de Oaxaca, México: diversidad y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 88, 55–66.
- Suárez-Mota, M. E., O. Téllez-Valdés, O. y Lira-Saade, R. (2013). Una regionalización de la Faja Volcánica Transmexicana con base en su riqueza florística. *Botanical Sciences*, 91, 93–105.
- Sunil, N., Sivaraj, N., Anitha, K., Abraham, B., Kumar, V., Sudhir, E. et al. (2009). Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56, 115–119.
- Thiers, B. (2014). *Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff*. New York: New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Recuperado de <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- Tropicos.org. (2011). *Missouri Botanical Garden*. Saint Louis, Missouri. Recuperado de <http://www.tropicos.org>
- Valencia, S. (2007). Encinos. En I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (Eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 139–148). México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vargas-Amado, G., Castro-Castro, A., Harker, M., Villaseñor, J. L., Ortiz, E. y Rodríguez, A. (2013). Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae, Coreopsidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 536–555.
- Vázquez, G. L. M. (2011). Tigrídias ornamentales, uso y distribución. Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Vázquez, G. L. M., Norman-Mondragón, T. H. y Corona-Rodríguez, M. C. (2001). *Oceloxóchitl Tigridia pavonia* (L. f.) DC. Toluca, Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Willis, F., Moat, J. y Paton, A. (2003). Defining a role for herbarium data in Red List assessments: a case study of *Plectranthus* from Eastern and Southern tropical Africa. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1537–1552.