

Representation of threatened biodiversity in Protected Areas and
identification of complementary areas for their conservation:
plethodontid salamanders in Mexico

Tropical Conservation Science

Paulina García-Bañuelos¹, Sean M. Rovito² and Eduardo Pineda¹

¹Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A.C. Xalapa,
Veracruz, México.

²Unidad de Genómica Avanzada (Langebio), Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, km 9.6 Libramiento Norte Carretera
Irapuato-León, CP 36821, Irapuato,
Guanajuato, Mexico.

Corresponding author: eduardo.pineda@inecol.mx

Tel: +52 (228) 842-1800, ext. 4110

Supplementary material

Supplementary Appendix S1.

Sources from where records of collections and observations of plethodontid salamanders were obtained:

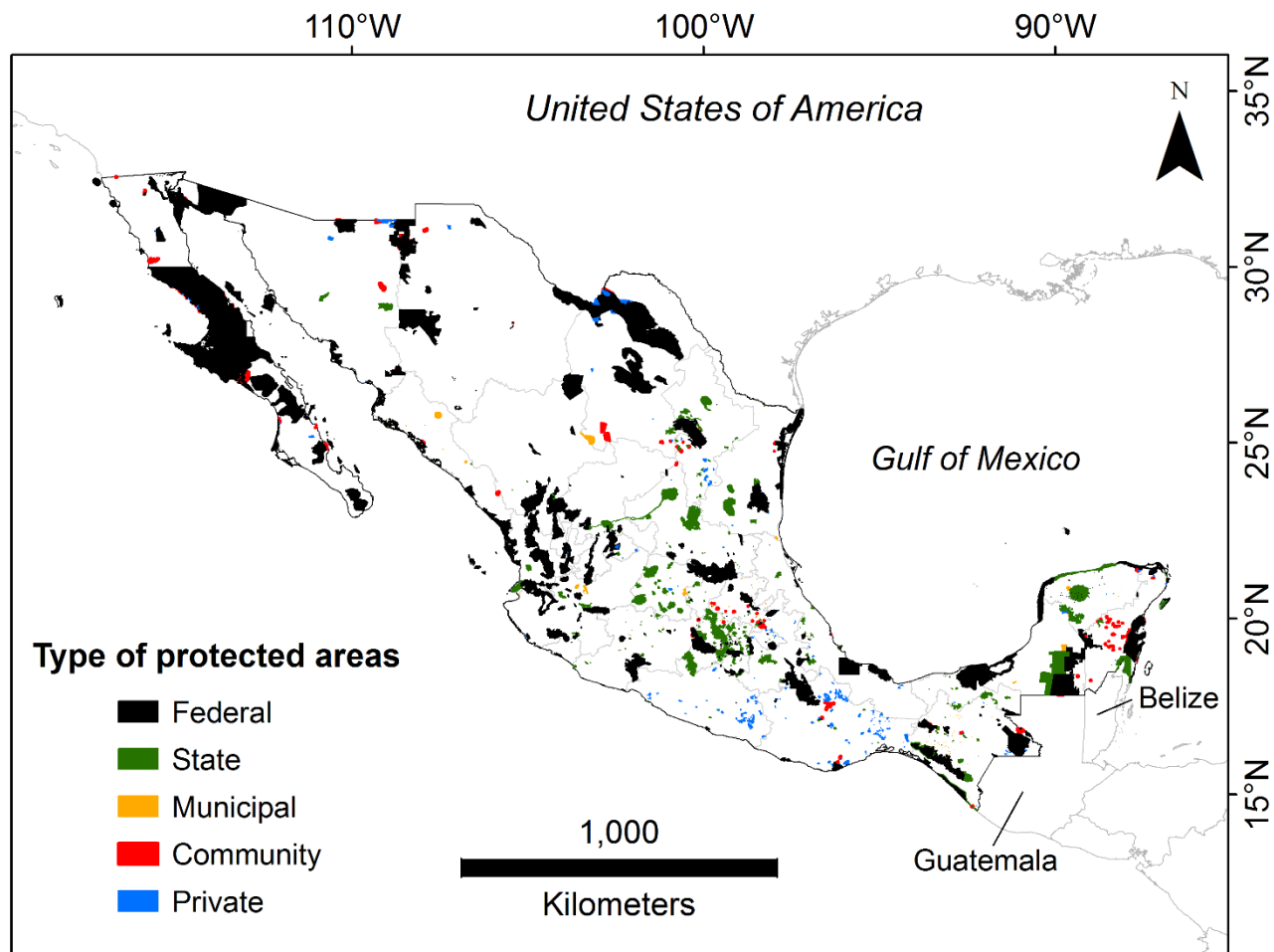
1. Adler, K. (1996). The salamanders of Guerrero, Mexico, with descriptions of five new species of *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae). Natural History Museum, University of Kansas. **177**, 1–28.
2. Badillo-Saldaña, L. M., Ramírez-Bautista, A., Berriozabal-Islas, C., & Beteta-Hernández, C. I. (2015). Range extension of the Giant Salamander, *Pseudoeurycea gigantea* (Taylor 1938) (Caudata: Pletodontidae), and some aspects of its natural history within Hidalgo state, Mexico. *Check List*, *11*, 1521.
3. Barrio-Amorós, C. L., Grünwald, C. I., Franz-Chávez, H., & La Forest, B. T. (2016). A new Mexican locality for the endangered salamander *Nyctanolis pernix* (Caudata: Plethodontidae). *Mesoamerican Herpetology*, *3*, 534-536.
4. Campbell, J. A., Brodie, Jr. E. D., Blancas-Hernández, J. C., & Smith, E. N. (2013). Another New Salamander of the Genus *Pseudoeurycea* from the State of Guerrero, Mexico. *South American Journal of Herpetology*, *8*, 198-202.
5. Campbell, J. A., Brodie, Jr. E. D., Flores-Villela, O., & Smith, E. N. (2014). A fourth species of minute salamander (*Thorius*: Plethodontidae) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero, Mexico. *South American Journal of Herpetology*, *9*, 46-51.
6. Campbell, J. A., Streicher, J. W., Cox, C. L., & Brodie, Jr. E. D. (2014). A new salamander of the genus *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from the Sierra Madre Oriental of Tamaulipas, Mexico. *South American Journal of Herpetology*, *9*, 228-234.
7. Canseco-Márquez, L., & Parra-Olea, G. (2003). A new species of *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae) from northern Oaxaca, Mexico. *Herpetological Journal*, *13*, 21-26.
8. Canseco-Márquez, L., & Gutiérrez-Mayén, M. G. (2006). Herpetofauna del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. In Ramírez-Bautista, A., Canseco-

- Márquez, L., & Mendoza-Quijano, F. (Eds). *Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad* (pp. 180-196). Sociedad Herpetológica Mexicana, AC, México, DF.
9. Claus, G. C., Soto-Huerta, K. A., & Greeley, M. A. (2014). *Pseudoeurycea gigantea*. *Herpetological Review: Geographic Distribution Notes*, 45, 651.
 10. García-Castillo, M. G., Rovito, S. M., Wake, D. B., & Parra-Olea, G. (2017). A new terrestrial species of *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from central Mexico. *Zootaxa*, 4363, 489-505.
 11. García-Castillo, M., Soto-Pozos, A. F., Aguilar-López, J. L., Pineda, E., & Parra-Olea, G. (2018). Two new species of *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from central Veracruz, Mexico. *Amphibian & Reptile Conservation*, 12, 37-54 (e167).
 12. García-Vázquez, U. O., & Durán-Fuentes, I. (2012). Geographic Distribution. *Pseudoeurycea maxima* (Southern Giant Salamander). *Herpetological Review*, 43, 438.
 13. Juárez-Ramírez, M. C., Aguilar-López, J. L., & Pineda, E. (2016). Protected natural areas and the conservation of amphibians in a highly transformed mountainous region in Mexico. *Herpetological Conservation & Biology*, 11, 19-28.
 14. Lamoreux, J. F., McKnight, M. W., & Cabrera-Hernandez, R. (2015). Amphibian Alliance for Zero Extinction Sites in Chiapas and Oaxaca. Gland, Switzerland: IUCN.
 15. Lara-Góngora, G. (2003). A new cryptic species of *Pseudoeurycea* (Amphibia, Caudata: Plethodontidae) of the leprosa group from Central Mexico. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, 61, 145-158.
 16. Murrieta-Galindo, R., González-Romero, A., López-Barrera, F., & Parra-Olea, G. (2013). Coffee agrosystems: An important refuge for amphibians in central Veracruz, Mexico. *Agroforestry System*, 87, 767-779.
 17. Parra-Olea, G., García-París, M., & Wake, D.B. (2002). Phylogenetic relationships among the salamanders of the *Bolitoglossa macrinii* species group (Amphibia: Plethodontidae), with descriptions of two new species from Oaxaca (Mexico). *Journal of Herpetology*, 3, 356-366.

18. Parra-Olea, G., García-París, M., Hanken, J., Wake, D.B. (2005). Two new species of *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae) from the mountains of northern Oaxaca, Mexico. *Copeia*, 3, 461-469.
19. Parra-Olea, G., Garcia-Paris, M., Papenfuss, T. J., & Wake, D.B. (2005). Systematics of the *Pseudoeurycea bellii* (Caudata: Plethodontidae) species complex. *Herpetologica*, 61, 145-158.
20. Parra-Olea, G., Rovito, S. M., Márquez-Valdelamar, L., Cruz, G., Murrieta-Galindo, R. & Wake, D. (2010). A new species of *Pseudoeurycea* from the cloud forest in Veracruz, México. *Zootaxa*, 2725, 57-68.
21. Parra-Olea, G., Rovito, S. M., García-París, M., Maisano, J. A., Wake, D. B. & Hanken, J. (2016). Biology of tiny animals: three new species of minute salamanders (Plethodontidae: *Thorius*) from Oaxaca, Mexico. *PeerJ*, 4, e2694.
22. Rovito, S. M., Parra-Olea, G., Lee, D., & Wake, D. (2012) A new species of *Bolitoglossa* (Amphibia, Caudata) from the Sierra de Juárez, Oaxaca, Mexico. *Zookeys*, 185, 55-71.
23. Rovito, S. M., Parra-Olea, G., Vásquez-Almazán, C. R., Luna-Reyes, R., & Wake, D. (2012). Deep divergences and extensive phylogeographic structure in a clade of lowland tropical salamanders. *BMC Evolutionary Biology*, 12, 255.
24. Rovito, S. M., & Parra-Olea, G. (2015). Two new species of *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from northern Mexico. *Zootaxa*, 4048, 057-074.
25. Rovito, S. M., Alonso, L. A., Lamoreux, J. F., McKnight, M. W., & Parra-Olea, G. (2017). Taxonomic status of a population of Black *Ixalotriton* from Cerro Baúl, Chiapas, México. *Journal of Herpetology*, 51, 590-594.
26. Salthe, S. N., & Salthe, B. M. (1964). Induced courtship in the salamander *Pseudoeurycea belli*. *Copeia*, 3, 574-576.
27. Woodall, H. T. (1941). A new Mexican salamander of the genus *Oedipus*. *Occasional Papers of The Museum of Zoology, University of Michigan*, 444, 1-4.

Supplementary Figure S1.

Location of the protected areas (PAs) in Mexico. The type of PA is designated according to its governance.



Supplementary Table S1.

Salamander species recorded in Mexican protected areas, their risk category according to the IUCN: Critically Endangered (CR), Endangered (EN), Vulnerable (VU), Near Threatened (NT), Least Concern (LC) and Data Deficient (DD), and the type of protected area where have been recorded.

Species	IUCN category	Type of protected area				
		Federal	State	Municipal	Community	Private
<i>Aneides lugubris</i>	LC	*				
<i>Aquiloerycea cafetalera</i>			*	*		*
<i>Aquiloerycea cephalica</i>	NT	*	*			
<i>Aquiloerycea galeanae</i>	VU	*				*
<i>Aquiloerycea scandens</i>	LC		*			
<i>Batrachoseps major</i>	LC	*				
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	LC	*	*			
<i>Bolitoglossa engelhardti</i>	EN	*				
<i>Bolitoglossa flavimembris</i>	EN	*				
<i>Bolitoglossa franklini</i>	EN	*	*			
<i>Bolitoglossa hartwegi</i>	NT		*		*	
<i>Bolitoglossa lincolni</i>	NT		*		*	
<i>Bolitoglossa mexicana</i>	LC	*	*			
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	VU	*				
<i>Bolitoglossa occidentalis</i>	LC	*	*			
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	NT	*	*			
<i>Bolitoglossa rufescens</i>	LC	*	*			
<i>Bolitoglossa stuarti</i>	DD	*				
<i>Bolitoglossa veracruzis</i>	EN					*
<i>Bolitoglossa yucatana</i>	LC	*				*
<i>Chiropterotriton chico</i>		*				

<i>Chiropterotriton chondrostega</i>	EN	*			
<i>Chiropterotriton cieloensis</i>	SE		*		
<i>Chiropterotriton cracens</i>	EN		*		
<i>Chiropterotriton dimidiatus</i>	EN	*			
<i>Chiropterotriton lavae</i>	CR		*		
<i>Chiropterotriton magnipes</i>	CR	*			
<i>Chiropterotriton miquihuanus</i>					*
<i>Chiropterotriton mosaueri</i>	CR	*			
<i>Chiropterotriton multidentatus</i>	EN	*	*		
<i>Chiropterotriton nubilus</i>				*	*
<i>Chiropterotriton orculus</i>	VU	*	*		
<i>Chiropterotriton priscus</i>	NT		*		
<i>Dendrotriton megarhinus</i>	VU	*			
<i>Dendrotriton xolocalcae</i>	VU	*	*		
<i>Ensatina eschscholtzii</i>	LC	*			
<i>Isthmura bellii</i>	VU	*	*		
<i>Isthmura boneti</i>	VU	*			*
<i>Isthmura corrugata</i>				*	
<i>Isthmura gigantea</i>	CR	*			
<i>Ixalotriton niger</i>	EN	*	*		
<i>Nyctanolis pernix</i>	EN	*			
<i>Oedipina elongata</i>	LC	*			*
<i>Parvimolge townsendi</i>	CR	*	*	*	
<i>Pseudoeurycea altamontana</i>	EN	*	*		
<i>Pseudoeurycea brunnata</i>	CR		*		
<i>Pseudoeurycea firscheini</i>	EN	*			
<i>Pseudoeurycea gadovii</i>	VU	*			
<i>Pseudoeurycea goebeli</i>	CR		*		
<i>Pseudoeurycea juarezi</i>	CR				*

<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	LC	*	*			
<i>Pseudoeurycea lineola</i>	EN	*	*			
<i>Pseudoeurycea longicauda</i>	EN	*				
<i>Pseudoeurycea lynchi</i>	EN			*		
<i>Pseudoeurycea melanomolga</i>	EN	*	*			
<i>Pseudoeurycea mixteca</i>	VU	*				
<i>Pseudoeurycea nigromaculata</i>	EN	*				
<i>Pseudoeurycea orchimelas</i>	EN	*				
<i>Pseudoeurycea papenfussi</i>	EN				*	
<i>Pseudoeurycea rex</i>	CR	*	*			
<i>Pseudoeurycea robertsi</i>	CR	*				
<i>Pseudoeurycea saltator</i>	CR				*	
<i>Pseudoeurycea smithi</i>	CR				*	*
<i>Pseudoeurycea tlilicxtil</i>	EN	*	*			
<i>Pseudoeurycea unguidentis</i>	CR	*			*	*
<i>Pseudoeurycea werleri</i>	EN	*				
<i>Thorius adelos</i>	EN				*	
<i>Thorius arboreus</i>	EN				*	
<i>Thorius aureus</i>	CR				*	
<i>Thorius boreas</i>	EN				*	
<i>Thorius dubitus</i>	EN	*				
<i>Thorius grandis</i>	EN					*
<i>Thorius macdougalli</i>	VU				*	
<i>Thorius magnipes</i>	CR	*				
<i>Thorius minydemus</i>	EN		*			
<i>Thorius munificus</i>	CR		*			
<i>Thorius narismagnus</i>	CR	*				
<i>Thorius narisovalis</i>	CR				*	*
<i>Thorius omiltemi</i>	EN		*			

<i>Thorius pennatulus</i>	CR	*	*	*	
<i>Thorius pulmonaris</i>	EN				*
<i>Thorius troglodytes</i>	EN	*			

Supplementary Table S2.

Attributes of the Mexican protected areas that harbor salamander species. Number of species recorded in each protected area (covered species) is indicated, as well as number of threatened species (threatened covered species) and number of species in high extinction risk categories, according to the IUCN: Critically Endangered (CR), Endangered (EN) and Vulnerable (VU). Uncertain species refers to species that has not been evaluated or to species in Data Deficient category (*).

Protected area	Extension (km ²)	Suitable habitat (%)	Extension of primary—secondary vegetation (km ²)	Covered species	Threatened covered species	Risk category (IUCN)			Uncertain species
						CR	EN	VU	
Federal				52	38	10	19	9	2
Bahía de San Quintín	107	28	29—1	2					
Barranca del Cupatitzio	0.2	100	0.2—0	1	1			1	
Benito Juárez	26	85	0—22	1	1	1			
Bosencheve	145	32	27—19	3	2		1	1	
C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan	1,953	63	541—692	1	1			1	
C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	2,023	89	11197—605	1	1			1	
Calakmul	7,201	98	2441—4638	1					
Cañón del Río Blanco	486	49	74—164	12	8	3	5		
Cañón del Sumidero	234	50	0—117	3					
Cascadas de Texolo y su entorno	5	70	3.5—0	1					
Cofre de Perote o Nauhcampatépétl	115	61	59—20	3	1		1		
Corredor Biológico Chichinautzin	201	74	112—37	5	3		2	1	
Desierto de los Leones	15	96	13—1	4	2		1	1	
El Chico	27	96	26—0	4	2		1	1	1
El Tepozteco	232	69	39—121	2	1			1	
El Triunfo	1,202	86	547—486	4	2		1	1	
Humedales de la Laguna La Popotera	20	33	6—1	1					

Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	19	67	10—3	1	1			1	
Islas del Pacífico de la Península de Baja California	3	87	0—2.5	2					
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	396	69	272—1	4	2		1	1	
La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	459	41	118—70	3	1			1	
La Sepultura	1,682	80	627—719	2	1			1	
Lagunas de Montebello	64	62	7—33	3	1		1		1*
Lagunas de Zempoala	45	97	44—0	4	2		1	1	
Lomas de Padierna	12	4	0—0.5	1					
Los Mármoles	233	76	92—85	4	4	2	1	1	
Los Tuxtlas	1,545	25	301—85	6	3	1	2		
Mariposa Monarca	542	80	351—82	2	2		1	1	
Montes Azules	3,288	88	2480—413	4	1			1	
Nevado de Toluca	533	67	172—185	3	2	1		1	
Palenque	18	53	3—6	3					
Pico de Orizaba	197	51	96—4	2	1			1	
Pico de Tancítaro	232	71	87—79	1	1			1	
Selva El Ocote	1,016	80	271—542	6	1		1		
Sierra de Álvarez	135	76	71—32	1	1		1		
Sierra de Manantlán	1,388	91	626—637	1	1			1	
Sierra de Quila	141	95	97—39	1	1			1	
Sierra de San Pedro Mártir	734	97	715—0	1					
Sierra Gorda	3,805	67	1300—1255	2	2	1		1	
Tehuacán-Cuicatlán	4,901	56	1427—1318	3	2			2	
Volcán Tacaná	64	73	30—17	4	4	1	3		
Yaxchilán	25	97	23—1	1					
Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	1,396	52	626—101	2	1			1	
Z.P.F.V. la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	418	41	111—60	3	1	1			

State				33	20	7	9	3	3
Calle Barragán	0.01	100	0.01—0	1					
Cerro de la Galaxia	0.4	97	0.4—0	1					1
Cerro El Potosí	10	100	6.3—3.7	1					
Cordón Pico El Loro-Paxtal	618	84	239—280	6	5	3	1	1	
El Cielo	1,374	85	1040—128	6	3		2	1	1
Humedales de Montaña La Kisst	1	0.03	0.0003—0	1					
La Pera	75	67	12—38	4	1		1		
Metlac-Río Blanco	264	45	15—104	4	4	2	2		
Molino de San Roque	0.2	52	0.1—0	1					
Pancho Poza	0.6	75	0.45—0	1					
Parque Estatal de la Sierra de Tabasco	114	81	41—51	1					
Parque Estatal Omiltemi	30	100	30—0	2	2		1	1	
Parque Estatal Santuario del agua y forestal Manantial El Salto de Atlautla-Ecatzingo	91	69	60—3	2	1			1	
Parque Estatal Santuario del agua y forestal Manantiales Cascada Diamantes	70	89	62—0	4	2		1	1	
Parque Francisco Javier Clavijero	0.5	66	0.3—0	2	1	1			1
Parque Otomí-Mexica	1,065	62	507—154	6	4		2	2	
Rancho Nuevo	31	99	28—2	2					
San Ignacio - El Coyuco	0.4	88	0.35—0	1					
San Juan del Monte	6	97	5.8—0	6	4	2	2		
San Miguel Topilejo	43	89	0—39	2	2		1	1	
San Nicolás Totolapan	20	79	15—1	4	2			2	
San Pedro del Monte	6	36	1.5—0.5	2	1		1		
Santuario del agua y forestal Presa Villa Victoria	474	13	16—46	1	1			1	
Tzama Cun Pümy	1	100	1—0	1					
Municipal				6	3	2	1	0	3
La Cortadura	0.8	55	0.4—0	6	3	2	1		3

Community				13	11	6	4	1	0
Comunidad Santiago Comaltepec	25	100	25—0	7	7	3	4		
Huitepec (Predio Suburbano Granja San Francisco)	1.4	93	1.23—0.07	1					
Reserva Ecológica Comunitaria Zapatista Huitepec Ocotal	1	93	1—0	2					
San Juan Bautista Atepec	25	97	19—6	2	2		1	1	
Santa Catarina Ixtepeji (Zona núcleo)	18	100	4—14	3	3	3			
Private				13	8	3	3	2	3
Área de Conservación Cañada del Iris	8	100	6—2	1	1		1		
La Cruz - Corral de Piedra	23	100	0—23	5	5	3	1	1	
Las Cañadas	3	28	0—0.8	1					1
Rancho Viejo	3	67	2—1	1					1
Reserva Ecológica El Edén	15	75	0—11	1					
Reserva Las Guacamayas	16	94	15—0	1					
Zona de Restauración Ecológica del Lobo Mexicano Corona del Rosal	67	98	36—30	1	1			1	
Zona de Restauración Ecológica del Lobo Mexicano La Encantada	83	97	44—37	2	1			1	1
Zona de Uso Común I y Zona VIII	14	26	3—1	1	1		1		