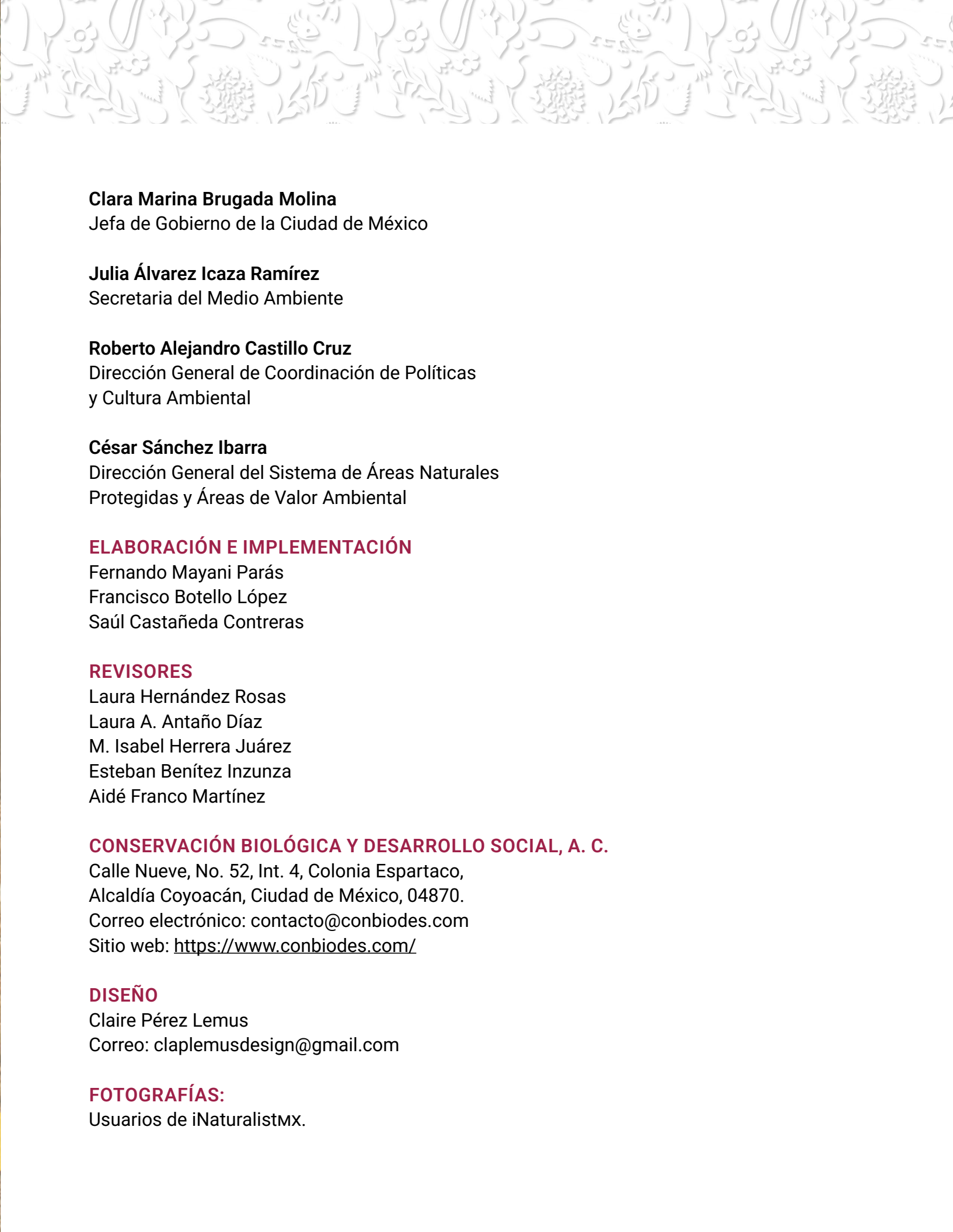


GUÍA METODOLÓGICA

para monitoreo de especies indicadoras y conectividad
biológica en las Áreas de Valor Ambiental con categoría de
barrancas de la Ciudad de México.





Clara Marina Brugada Molina
Jefa de Gobierno de la Ciudad de México

Julia Álvarez Icaza Ramírez
Secretaria del Medio Ambiente

Roberto Alejandro Castillo Cruz
Dirección General de Coordinación de Políticas
y Cultura Ambiental

César Sánchez Ibarra
Dirección General del Sistema de Áreas Naturales
Protegidas y Áreas de Valor Ambiental

ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Fernando Mayani Parás
Francisco Botello López
Saúl Castañeda Contreras

REVISORES

Laura Hernández Rosas
Laura A. Antaño Díaz
M. Isabel Herrera Juárez
Esteban Benítez Inzunza
Aidé Franco Martínez

CONSERVACIÓN BIOLÓGICA Y DESARROLLO SOCIAL, A. C.

Calle Nueve, No. 52, Int. 4, Colonia Espartaco,
Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, 04870.
Correo electrónico: contacto@conbiodes.com
Sitio web: <https://www.conbiodes.com/>

DISEÑO

Claire Pérez Lemus
Correo: claplemusdesign@gmail.com

FOTOGRAFÍAS:

Usuarios de iNaturalistmx.

Trabajos de recuperación en barranca Tacubaya,
alcaldía Álvaro Obregón, (2024). FOTO: SEDEMA



PRESENTACIÓN

Esta guía tiene como propósito establecer un método de muestreo estandarizado y sistemático para el monitoreo de la conectividad biológica y sus especies indicadoras, que permita generar información confiable para sustentar la toma de decisiones y mejorar la gestión de las Áreas de Valor Ambiental (AVA) con categoría de barranca de la Ciudad de México, por lo tanto, en este documento se integran todos los procedimientos y precisiones metodológicas para la toma de datos en campo, así como las generalidades de procesamiento y análisis de datos.

ÍNDICE

— 5 **Presentación**

— 8 **Introducción**

- 9 Áreas de Valor Ambiental
- 14 Conectividad
- 17 Riqueza de Especies en Barrancas
- 20 Especies Indicadoras

— 25 **Monitoreo de Especies**



- 28 **Mamíferos**
 - 30 Monitoreo de Mamíferos
 - 30 Fototrampas
 - 32 Transecto de Trampas *Tomahawk* o *Sherman*
 - 34 Monitoreo de Murciélagos por Redes de Niebla y Detectores Ultrasónicos



- 36 **Aves**
 - 39 Monitoreo de Aves
 - 39 Puntos de Conteo
 - 41 Anillamiento y Redes de niebla



- 44 **Polinizadores**
 - 46 Monitoreo de Polinizadores
 - 46 Transectos
 - 47 Etiquetas
 - 48 Abejas



- 49 **Vegetación**
 - 51 Monitoreo de Vegetación
 - 52 Vegetación Arbórea

- 53 Vegetación Arbustiva
- 53 Vegetación Herbácea



- 54 **Anfibios y Reptiles**
 - 56 Monitoreo de Anfibios y Reptiles

— 58 **Procesamiento y Análisis de Datos para Monitoreo de Conectividad**

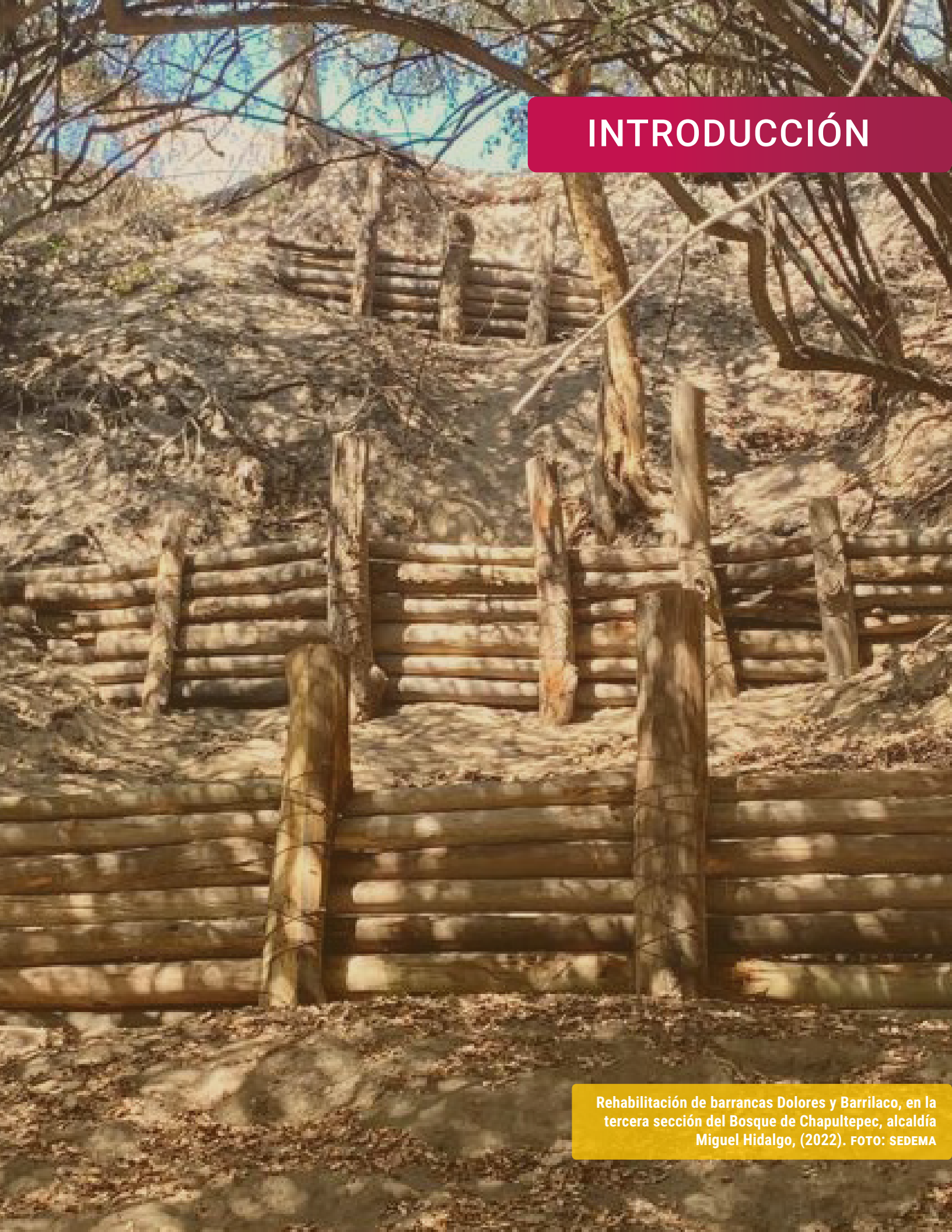
- 59 **Análisis para Métodos de Observación de Especies**
 - 59 Procesamiento de Datos
 - 59 Análisis de datos
 - 59 índice de Riqueza Compartida
 - 60 índice de Jaccard
 - 61 índice de Conectividad Simple
 - 61 índice de Recaptura entre Sitios

- 62 **Análisis para Métodos de Captura-Recaptura**
 - 62 Procesamiento de Datos
 - 63 Análisis de datos
 - 63 índice de Recaptura entre Sitios
 - 64 Distancia Media Recorrida
 - 64 Probabilidad de Movimiento (Modelo Cormack-Jolly-Seber - CJS)
 - 66 Recomendaciones

— 68 **Bibliografía**

— 74 **Anexos**

— 85 **Agradecimientos**



INTRODUCCIÓN

ÁREAS DE VALOR AMBIENTAL

A nivel nacional existen diversas figuras de protección y gestión del territorio que buscan incrementar la conectividad y contribuir a la conservación de la biodiversidad. En la Ciudad de México, una de estas figuras son las áreas de valor ambiental (AVA). De acuerdo con la Ley Ambiental de la Ciudad de México, las AVA son todos los bosques urbanos, barrancas y cuerpos de agua dentro del territorio y bajo las competencias de la Ciudad de México, tanto en suelo urbano como en suelo de conservación, en donde los ambientes originales han sido modificados por las actividades antropogénicas y que requieren ser restauradas o preservadas, en función de que aún mantienen ciertas características biofísicas y escénicas, las cuales les permiten contribuir a mantener la calidad ambiental de la Ciudad (CODF, 2024).

En la ciudad existen 33 AVA, de las cuales 26 están clasificadas como barrancas y abarcan una superficie de 1,281.17 ha (Cuadro 1). Estas áreas sirven de refugio para la vida silvestre, comprenden comunidades vegetales que contribuyen a mantener la calidad ambiental y son zonas importantes para el ciclo hidrológico. Junto con 25 áreas naturales protegidas (ANP) integran el Sistema de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental (SANPAVA) de la Ciudad de México (Figura 1), el cual conserva una parte importante de la biodiversidad de la entidad y proveen servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar de las personas y la resiliencia de la ciudad.

De acuerdo con el Programa Especial de la Red de Infraestructura Verde de la Ciudad de México (PERIVE), las AVA constituyen elementos núcleo que buscan conectarse entre sí y con los nodos para mejorar la conectividad entre los espacios verdes y azules de la ciudad, tanto urbanos como rurales, permitiendo el movimiento de las personas, especies silvestres y otros elementos abióticos como el agua (SEDEMA, 2023). Por tanto, las AVA son clave para la conectividad ecológica y el manejo integrado del paisaje en la ciudad.

Para mejorar las condiciones ambientales de las AVA, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA) ha impulsado diversas acciones de revegetación, limpieza y saneamiento de cauces, restauración de suelos y recuperación de áreas ocupadas por asentamientos irregulares, entre otras. Asimismo, en el PERIVE se han identificado nodos y conectores vinculados a los elementos núcleo para incrementar la conectividad.

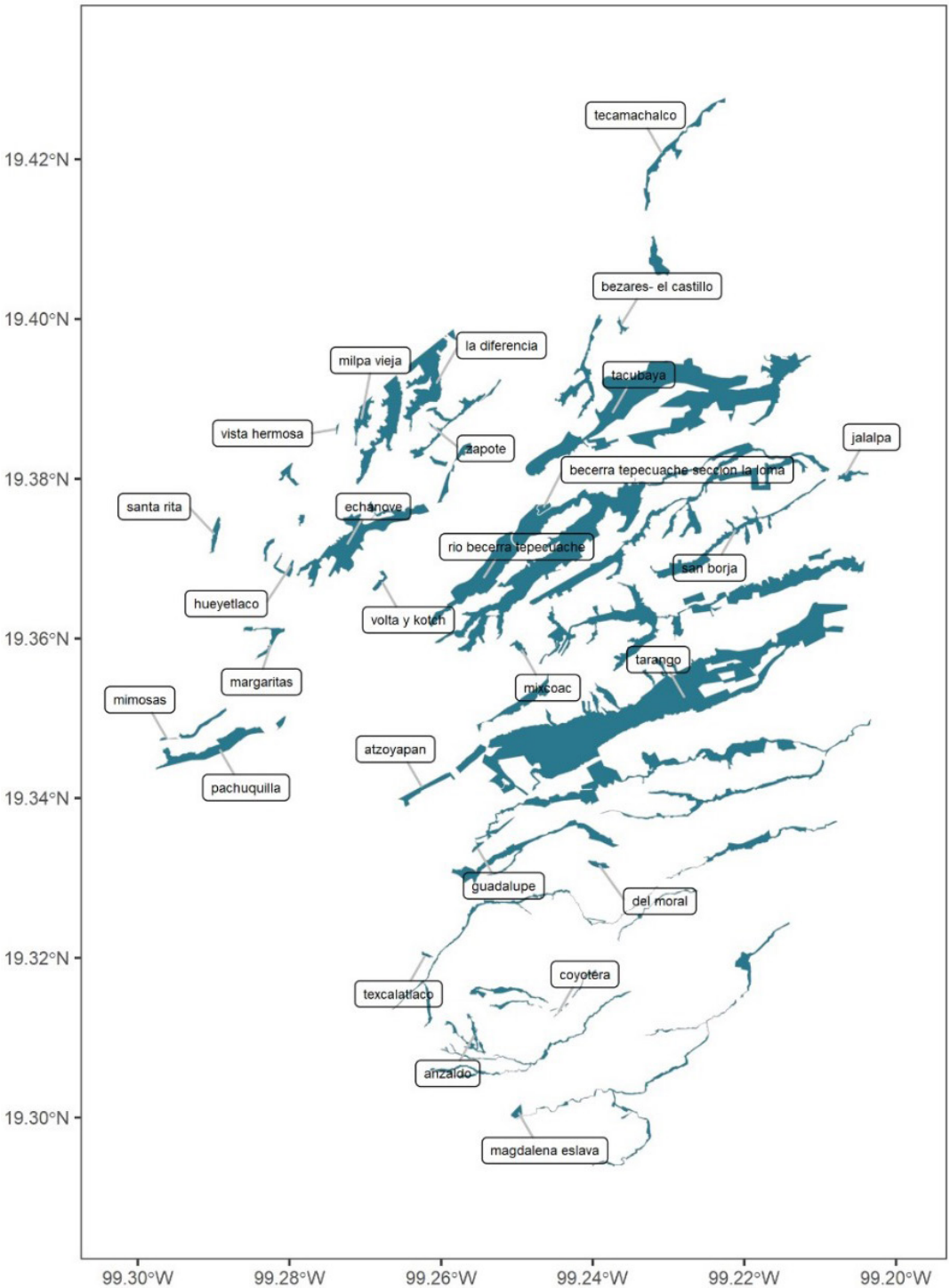
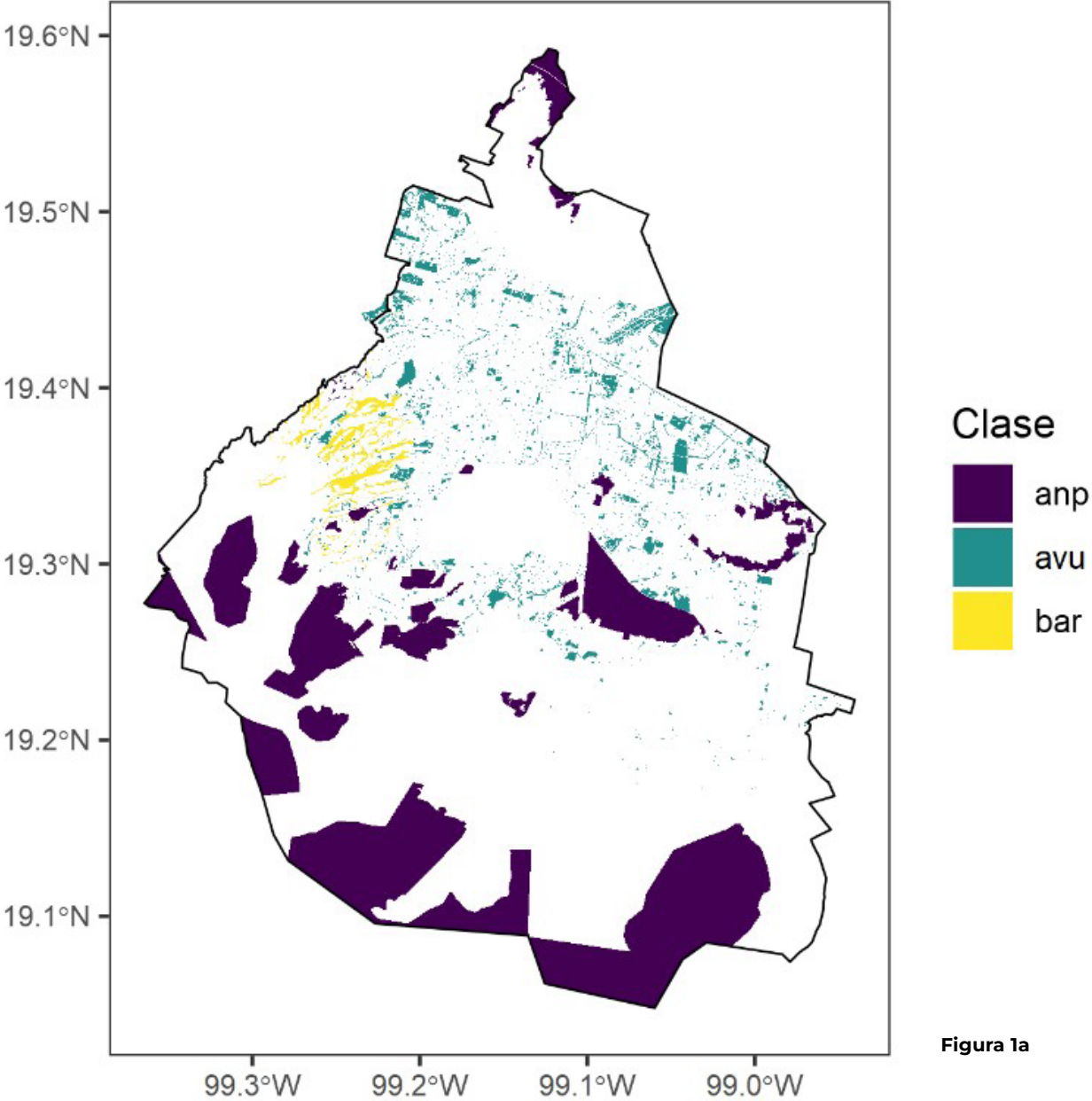
Rehabilitación de barrancas Dolores y Barrilaco, en la tercera sección del Bosque de Chapultepec, alcaldía Miguel Hidalgo, (2022). FOTO: SEDEMA

Cuadro 1. Áreas de valor ambiental con categoría de barranca de la Ciudad de México. Se enlistan las áreas de valor ambiental en categoría de barranca, el nombre del área, la fecha de publicación de su decreto, la superficie protegida y el tipo de vegetación. Fuente: Herrera-Juárez, M. I., Benítez Inzunza, E., Cano, I., et al. 2024. Perfil de la Ciudad de México. pp. 20-88, En: Índice de Biodiversidad Urbana de la Ciudad de México. SEDEMA.

Nombre		Fecha de publicación de decreto	Superficie decretada (Ha)	Tipos de vegetación representativos
1	Barranca Atzoyapan	28/11/2012	20.81	Bosque de encino
2	Barranca Río Becerra Tepecuache	05/07/2007, 03/08/2007	34.55	Bosque de encino, bosque mixto y matorral inducido
3	Barranca Del Moral	28/11/2012	22.86	Bosque de encino y bosque mixto inducido
4	Barranca Guadalupe		74.34	Bosque de encino, bosque mixto inducido y matorral
5	Barranca Jalalpa		69.35	Bosque mixto inducido y matorral inducido
6	Barranca Magdalena-Eslava		22.39	Bosque mixto inducido
7	Barranca Mixcoac		88.61	Bosque de encino, bosque mixto inducido y matorral inducido
8	Barranca San Borja	28/11/2012	23.66	Bosque mixto inducido
9	Barranca Tacubaya (cuarta sección del Bosque de Chapultepec)			
10	Barranca Tarango	22/07/2009, Restablece decreto: 07/12/2018	267.18	Bosque de encino, bosque mixto inducido y matorral inducido
11	Barranca Texcalatlaco	28/11/2012	24.42	Bosque de encino con asociación de tepozán y bosque mixto inducido
12	Barranca Volta y Koch	05/07/2007 Modificación: 29/05/2008	1.82	Bosque de encino y bosque mixto inducido
13	Barranca La Diferencia		29.33	Bosque de encino, bosque mixto y matorral inducido
14	Barranca Echánove		48.53	Bosque de encino, bosque mixto y matorral inducido

Nombre		Fecha de publicación de decreto	Superficie decretada (Ha)	Tipos de vegetación representativos
15	Barranca Hueyetlaco	01/12/2011	15.65	Bosque de encino, bosque mixto y matorral inducido
16	Barranca Las Margaritas	01/12/2011	4.56	Bosque de encino y bosque mixto inducido
17	Barranca Milpa Vieja		30.88	
18	Barranca Mimosas		3.99	Bosque de cedro blanco
19	Barranca Pachuquilla		20.58	Bosque de encino
20	Barranca Santa Rita		3.03	Bosque de encino y pino
21	Barranca Vista Hermosa	05/07/2007	-	Bosque de encino y mixto inducido
22	Barranca El Zapote	01/12/2011	10.57	
23	Barranca Anzaldo	21/12/2011	16.23	Bosque mixto de coníferas y bosque mixto inducido
24	Barranca Coyotera		10.62	Bosque de encino y bosque mixto inducido
25	Barranca Bezares-El Castillo	08/02/2012	20.64	
26	Barranca Tecamachalco	23/12/2011	11.83	Bosque mixto de coníferas

Figura 1. a) Sistema de áreas protegidas de la Ciudad de México en sus diferentes categorías (amarillo: barrancas; morado: áreas naturales protegidas; verde: áreas verdes urbanas) y **b)** las 26 AVA con categoría de barrancas.
Fuente: datos proporcionados por SEDEMA (2024).



CONECTIVIDAD

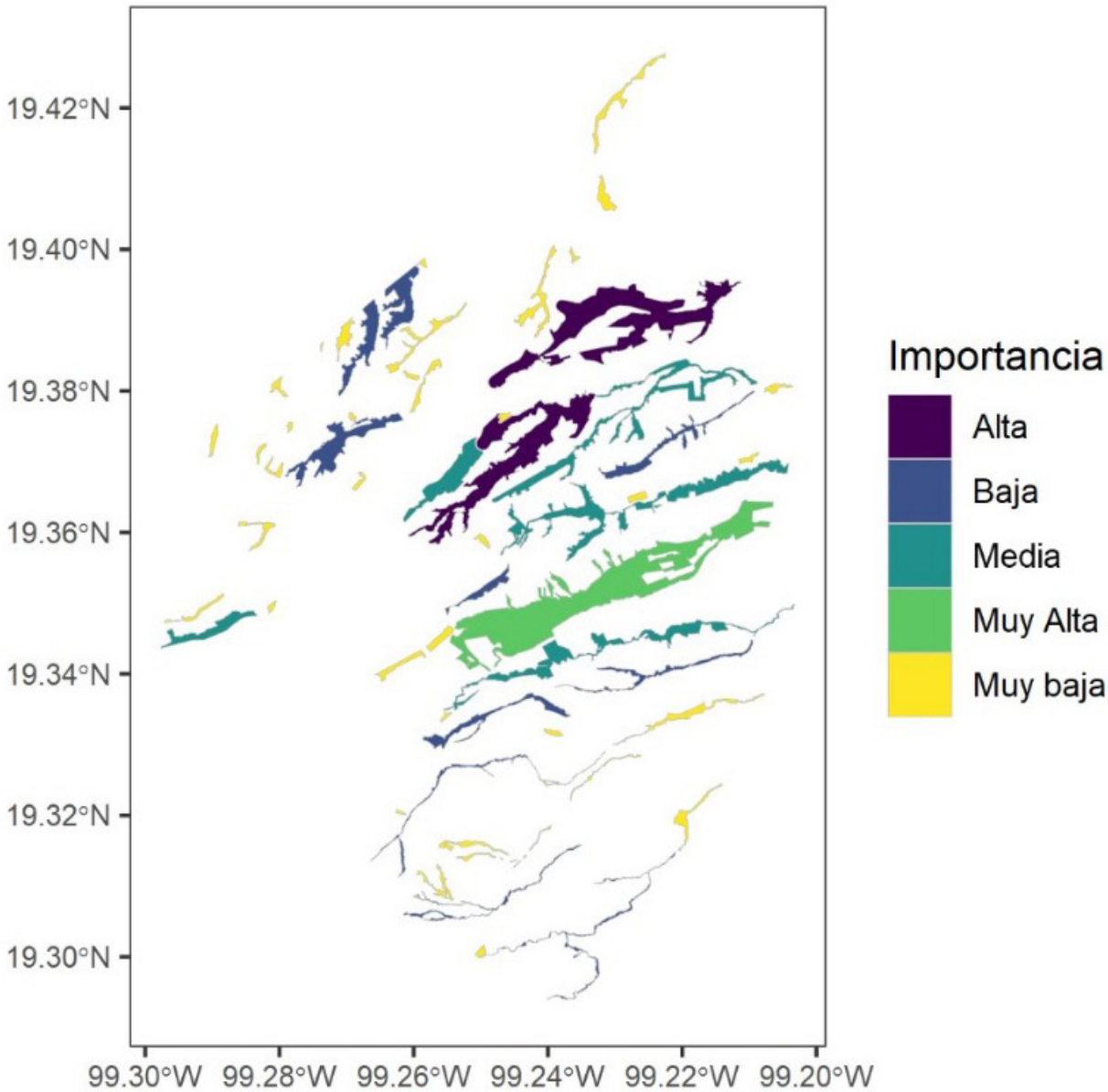
Aunque la mayoría de los entornos urbanos son adversos para la vida silvestre, hay espacios verdes dentro de la matriz urbana que desempeñan un papel crucial como refugios para la biodiversidad, proporcionando nichos de alimentación y contribuyendo a la conectividad ecológica (Lepczyk *et al.*, 2017). Sin embargo, estos espacios tienen una baja calidad de hábitat para la mayoría de las especies y, en general, son demasiado pequeños para sostener poblaciones viables. Por lo tanto, la supervivencia de las especies en áreas urbanas depende de su capacidad para desplazarse entre los parches (Ofori *et al.*, 2018). En este contexto, analizar la composición, calidad y conectividad de estos parches de vegetación es clave para la conservación de la biodiversidad (Ofori *et al.*, 2018) y para tomar decisiones informadas (Löfvenhaft *et al.*, 2004).

En su nivel más fundamental, la conectividad se refiere inherentemente al grado de movimiento de organismos o procesos a través del paisaje. Su definición operativa depende de la perspectiva desde la cual se aborda, incluyendo metapoblaciones, ecología del paisaje, flujos de energía, material, organismos e información entre hábitats, así como el flujo genético dentro y entre poblaciones (Crooks y Sanjayan, 2006).

Uno de los principales desafíos para mantener la conectividad ecológica en áreas urbanas es la presencia de barreras físicas (Peng *et al.*, 2017), las cuales fragmentan los hábitats y dificultan el movimiento entre áreas. Una de las estrategias de conservación para abordar este problema es el establecimiento de corredores ecológicos urbanos, definidos como caminos con vegetación dentro de las áreas urbanas diseñados para facilitar el movimiento de individuos entre diferentes sitios (Magioli *et al.*, 2016).

A partir de imágenes satelitales de cobertura de vegetación (en las cuales se diferenciaron las celdas con vegetación de aquellas sin vegetación) y datos de distancia de dispersión de especies de mamíferos (grupo seleccionado para la conectividad ya que la configuración del paisaje del área de interés, así como las distancias entre las barrancas y las áreas naturales protegidas, suponen barreras significativas para su dispersión), se realizó un análisis de conectividad para las barrancas de la CDMX, en el que se priorizaron parches de acuerdo con su importancia para la conectividad. La barranca Tarango se posiciona como

Figura 2. Mapa de importancia de las barrancas para la conectividad funcional.
Fuente: elaboración propia.

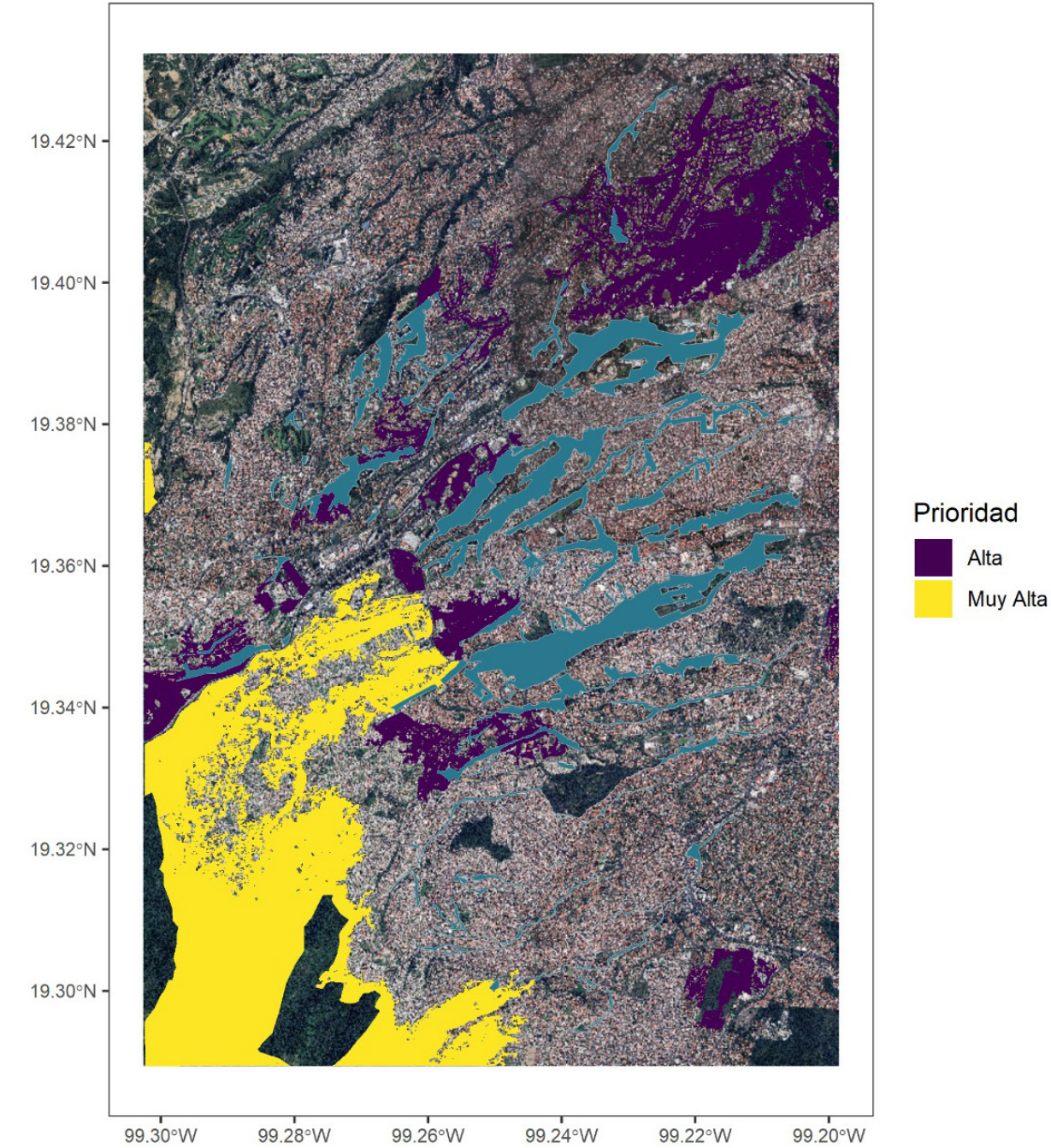


la barranca de mayor importancia en la conectividad, seguida por la barranca Becerra Tepecuache y la barranca Tacubaya (Figura 2).

Además, se identificaron parches de vegetación fuera de barrancas y ANP prioritarios para su conservación, ya que pueden fungir como corredores de vegetación entre las barrancas y ANP de la CDMX (Figura 3). Estos son sitios

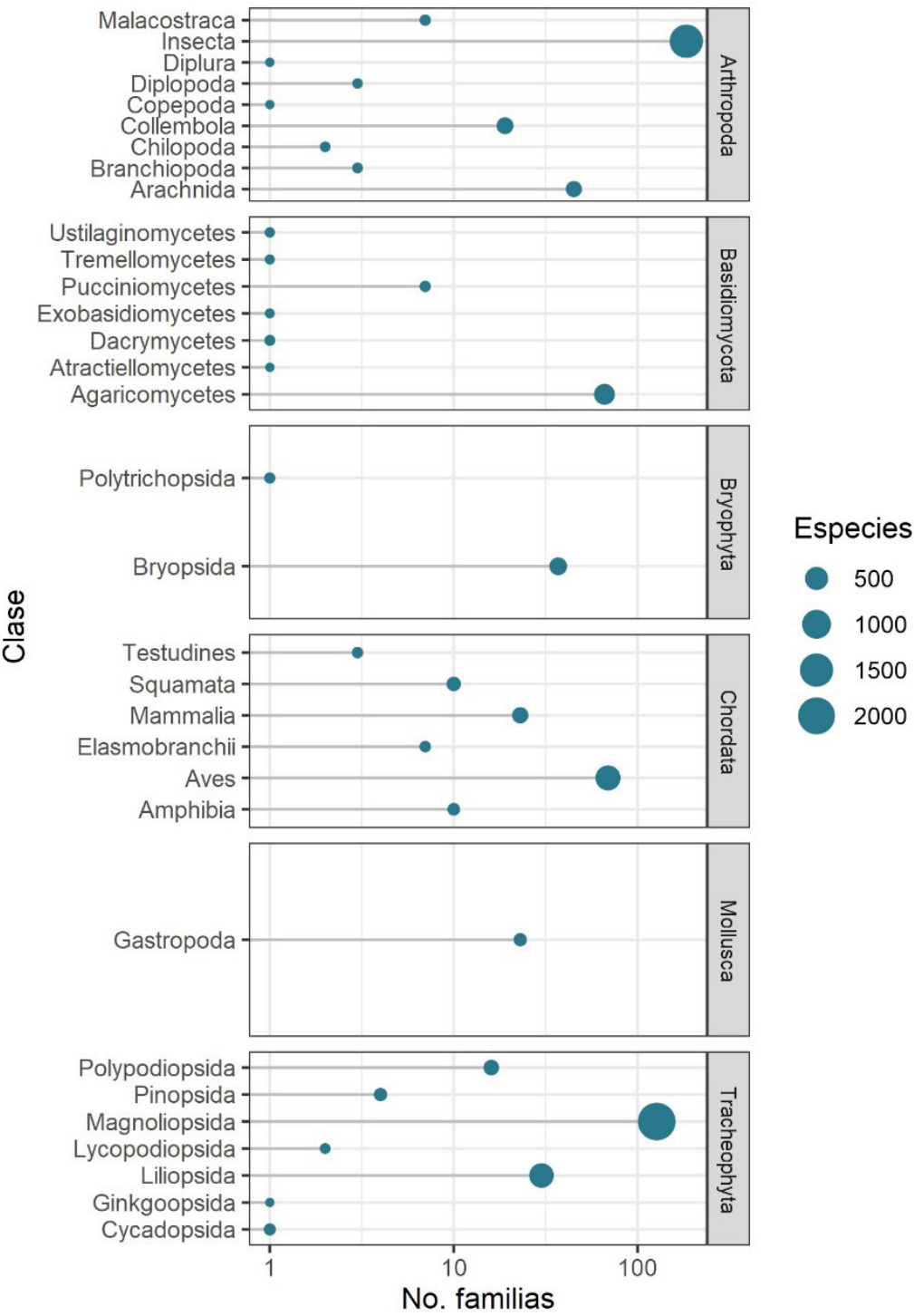
donde hay mayor probabilidad de paso de las especies de mamíferos y mayor número de rutas de menor costo entre las ANP y las barrancas.

Figura 3. Mapa de prioridad de los parches de vegetación de acuerdo con el análisis de rutas de menor costo. En azul se observan las barrancas; en morado y amarillo los sitios fuera de barrancas y ANP con alta y muy alta prioridad, respectivamente, para su conservación, ya que pueden fungir como corredores de vegetación e incrementar la conectividad en Ciudad de México. Fuente: elaboración propia.



RIQUEZA DE ESPECIES EN BARRANCAS

Figura 4. Número de especies y familias de los principales *phyla* por clase, obtenidos para la Ciudad de México de iNaturalist y GBIF. Fuente: iNaturalist y GBIF (2024).

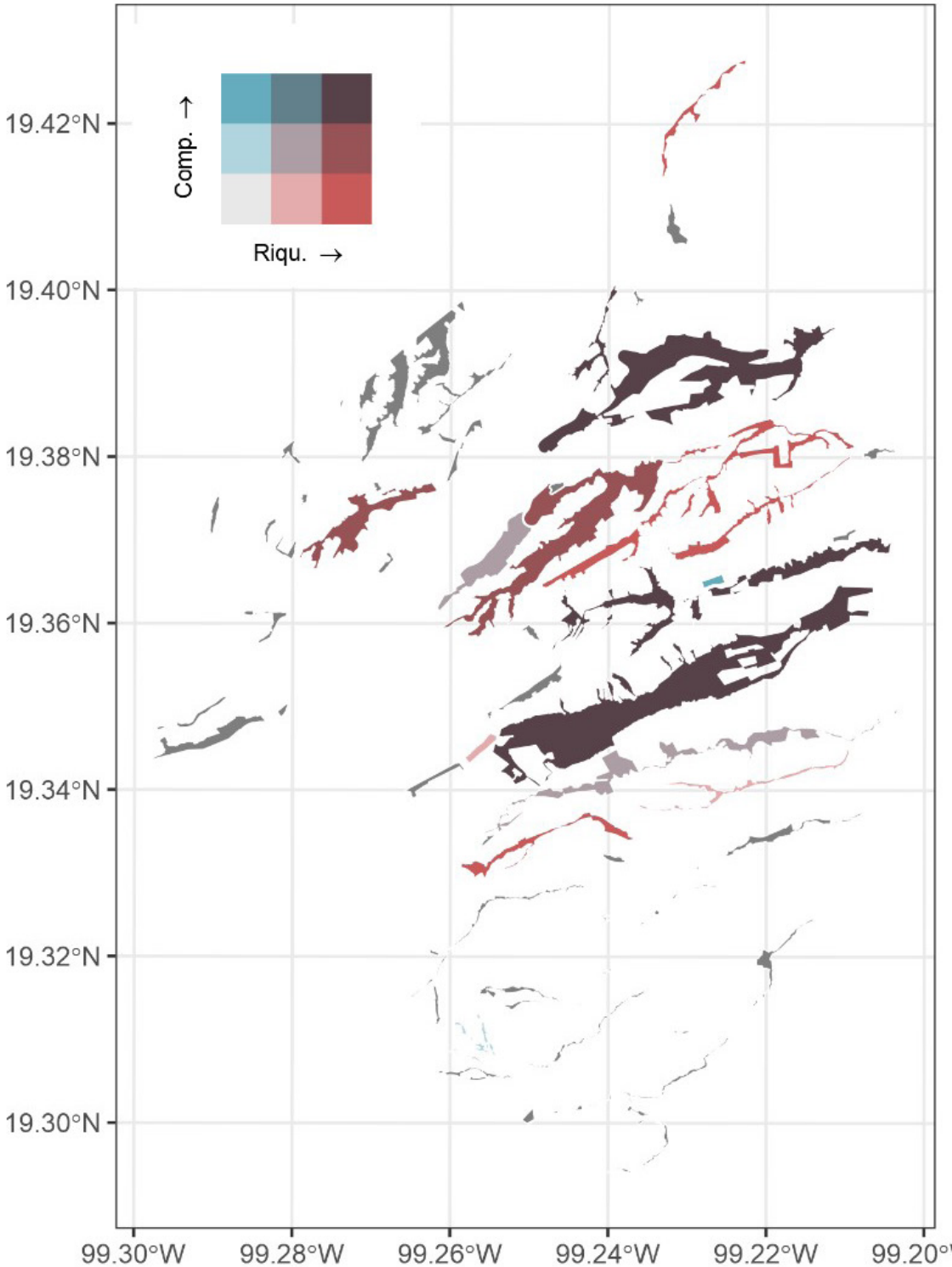


Como ya se mencionó, las barrancas de la CDMX son espacios naturales que sirven de refugio para la vida silvestre, comprenden comunidades vegetales que contribuyen a mantener la calidad ambiental, conservan una parte importante de la biodiversidad de la entidad y proveen servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar de las personas y la resiliencia de la ciudad.

Para conocer la biodiversidad de cierta región, se cuenta con inventarios de biodiversidad, los cuales son catálogos que registran las especies de plantas y animales que viven en un área determinada. Estos inventarios son la base para estimar la abundancia de especies y son esenciales para entender la estructura y función de las comunidades naturales, así como para realizar estudios de impacto ambiental y sostenibilidad. Una base fundamental para estos inventarios es la ciencia ciudadana, la cual se define como el “trabajo científico (entendido como una actividad intelectual y/o física que genere información o datos que puedan utilizarse en un proyecto de ciencia) realizado voluntariamente por miembros del público en general, a menudo en colaboración con o bajo la dirección de científicos profesionales e instituciones científicas” (*Oxford English Dictionary*). Es de suma importancia ya que permite que la sociedad participe en la investigación científica, democratiza el conocimiento y promueve el desarrollo de vocaciones científicas.

Entre estos inventarios se encuentran iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>) y el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF; <https://www.gbif.org/es/>). A partir de datos obtenidos de estas dos plataformas, en la CDMX existen registros de biodiversidad de 60 clases, 223 órdenes, 831 familias, 3,002 géneros y 6,593 especies (Figura 4). De estas especies, 779 son endémicas y 82 son consideradas como prioritarias dada su importancia ecológica, económica o estratégica. Además, 209 especies se encuentran listadas en la NOM-059 bajo alguna categoría de riesgo: 87 se encuentran bajo protección especial, amenazadas (73) y 47 en peligro de extinción.

Figura 5. Mapa bivariado de riqueza de especies observada (Riqu.) y porcentaje de completitud de muestreo (Comp.) de vertebrados para las barrancas. Para otros grupos taxonómicos los resultados son similares.
Fuente: elaboración propia.



ESPECIES INDICADORAS

Las especies indicadoras son aquellas (como una planta, animal, hongo, bacteria) cuya presencia, ausencia o abundancia se utiliza para conocer indirectamente las condiciones ambientales o fenómenos biológicos, los cuales pueden ser difíciles de medir directamente (Landres *et al.*, 1988; Lindenmayer *et al.*, 2000). Las especies indicadoras deben ser sensibles a los cambios ambientales, su biología debe ser bastante conocida, deben indicar la diversidad de otras especies, taxones o comunidades dentro de un área y deben ser predecibles espacial y temporalmente (Lindenmayer *et al.*, 2000). Por lo tanto, estas especies son utilizadas para monitorear cambios ambientales y evaluar el impacto de perturbaciones en un ecosistema.

De toda la lista de especies que existen en las barrancas, a partir de análisis se seleccionaron 13 especies de aves, cuatro anfibios, cinco reptiles, seis mamíferos, nueve insectos y 10 plantas, como indicadoras representativas de las barrancas y ANP de la CDMX (Cuadro 2). Estas especies se seleccionaron a partir de su asociación con los sitios, considerando dos componentes clave: **a) la especificidad**, es decir, la probabilidad de que un sitio pertenezca al grupo objetivo (barranca) dado que la especie está presente en el sitio y **b) la fidelidad o sensibilidad**, que estima la probabilidad de encontrar la especie en sitios que pertenecen al grupo objetivo (barrancas). Por lo tanto, estas especies no indican la conectividad de las barrancas, si no que su presencia indica que hay alta probabilidad de que el sitio en el que se observó contenga elementos naturales nativos que son resguardados en un ANP o un AVA, como una barranca. Sin embargo, algunas de estas especies son observadas en diferentes lugares en la ciudad que no necesariamente son barrancas o ANP, como el mirlo primavera (*Turdus migratorius*), o el tlacuache (*Didelphis virginiana*).

Cuadro 2. Lista de especies indicadoras.

Reino	Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	NOM059	Endémica
Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga coronata</i>	-	-
				Aegithalidae	<i>Psaltriparus minimus</i>		
				Fringillidae	<i>Spinus psaltria</i>		
					<i>Haemorhous mexicanus</i>		
				Turdidae	<i>Turdus migratorius</i>		
				Cardinalidae	<i>Pheucticus melanocephalus</i>		
			Apodiformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>		
					<i>Saucerottia beryllina</i>		
				Trochilidae	<i>Cyananthus latirostris</i>		
					<i>Lampornis clemenciae</i>		
			Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>		
				Passerellidae	<i>Melospiza melodia</i>		
			Piciformes	Picidae	<i>Dryobates scalaris</i>		
Animalia	Chordata	Amphibia	Caudata	Plethodontidae	<i>Aquiloerycea cephalica</i>	A	SI
					<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	-	SI
			Anura	Hylidae	<i>Dryophytes eximius</i>	-	SI
					<i>Dryophytes plicatus</i>	A	SI
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus grammicus</i>	Pr	-
					<i>Conopsis lineata</i>	-	SI
				Colubridae	<i>Storeria storerioides</i>	-	SI
					<i>Thamnophis pulchrilatus</i>	-	SI
					<i>Crotalus rarus</i>	A	SI
				Viperidae			
Animalia	Chordata	Mammalia	Didelphidae	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	-	-
			Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>		
				Cricetidae	<i>Peromyscus gratus</i>		
			Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>		
			Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>		
			Chiroptera	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>		
Animalia	Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Dione juno</i>	-	-
					<i>Anthanassa texana</i>		
					<i>Vanessa virginiensis</i>		
					<i>Danaus gilippus</i>		
				Papilionidae	<i>Papilio multicaudata</i>		
					<i>Papilio garamas</i>		

Reino	Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	NOM059	Endémica
Animalia	Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Pieridae	<i>Leptophobia aripa</i>	-	-
			Hymenoptera	Vespidae	<i>Brachygastra mellifica</i>		
				Apidae	<i>Bombus sonorus</i>		
Plantae	Tracheophyta	Pinopsida	Pinales	Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	-	-
Plantae	Tracheophyta	Polypodiopsida	Polypodiales	Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	-	-
				Pteridaceae	<i>Adiantum poiretii</i>		
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	-	-
			Gentianales	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>		
			Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>		
Plantae	Tracheophyta	Liliopsida	Asparagales	Amaryllidaceae	<i>Sprekelia formosissima</i>	-	SI
					<i>Zephyranthes fosteri</i>		SI
				Orchidaceae	<i>Sarcoglottis schaffneri</i>		-
			Liliales	Liliaceae	<i>Calochortus barbatus</i>		SI



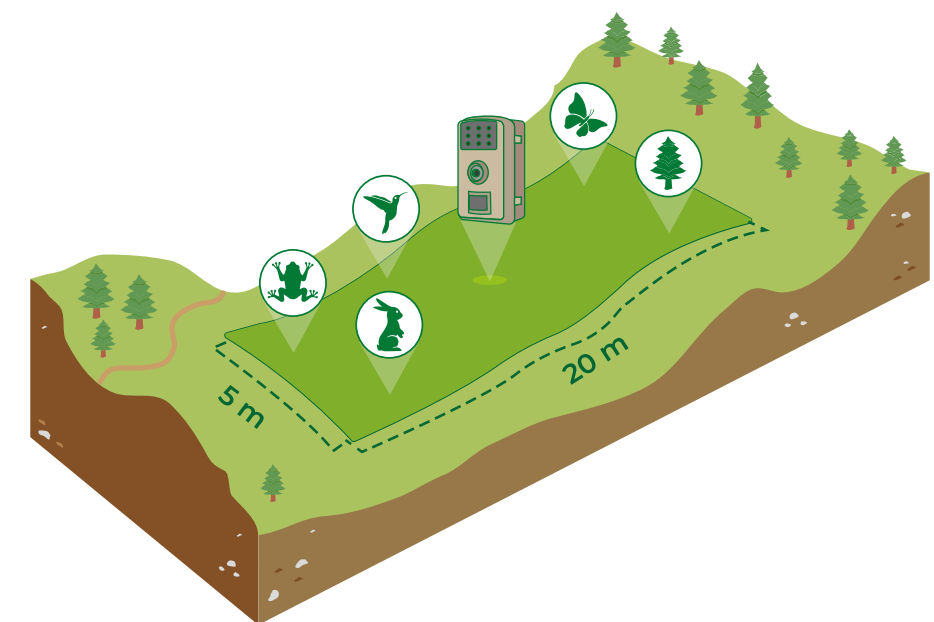
Creación de espacios recreativos para la comunidad, en barranca de Colores en Tarango, alcaldía Álvaro Obregón, (2023). FOTO: SEDEMA

MONITOREO DE ESPECIES

Como se mencionó anteriormente, desde la perspectiva de la conectividad los mamíferos representan un grupo adecuado para el monitoreo, ya que la configuración del paisaje del área de interés, así como las distancias entre las barrancas y las ANP, suponen barreras significativas para su dispersión. Esto contrasta con otros grupos con más especies indicadoras, como las aves, para las cuales el paisaje altamente urbanizado representa una resistencia mucho menor dada su capacidad de vuelo.

Por esta razón, en la presente guía se describen en primer lugar los métodos para el monitoreo de mamíferos, grupo utilizado para los análisis de conectividad. Sin embargo, también se presentan los métodos para otros grupos taxonómicos, bajo el supuesto de que los parches prioritarios de conservación para la conectividad también podrían favorecerlos.

El monitoreo a largo plazo de estas especies es esencial para rastrear los cambios temporales en respuesta al desarrollo urbano en curso, incluido el papel de factores ambientales específicos (por ejemplo, contaminación acústica y lumínica) en la configuración de las comunidades y los patrones de actividad. Es recomendable que el monitoreo de los diferentes grupos se lleve a cabo en el mismo sitio de la barranca, para que los datos de presencia estén relacionados entre sí. Por ejemplo, se recomienda que la cámara trampa se ponga en el centro de la parcela de vegetación, y de esa misma parcela salgan y se tracen los transectos para los otros grupos taxonómicos (Figura 6).



Reforestación en barrancas de la CDMX, barranca Mixcoac, alcaldía Álvaro Obregón (2023). FOTO: SEDEMA

Figura 6. Disposición de la unidad de muestreo de indicadores de conectividad en barrancas.

Para cada grupo taxonómico existen métodos de monitoreo específicos, (Cuadro 3), tanto para el monitoreo tradicional de observación de especies, el cual ayuda a conocer la diversidad, como por captura-recaptura, una herramienta clave en ecología y cuya aplicación en el monitoreo de conectividad ecológica se basa en la reidentificación de individuos en diferentes momentos y lugares, lo que permite evaluar los movimientos y dispersión de las especies.

Cuadro 3. Tipo de muestreo, equipo necesario y frecuencia de monitoreo sugerido para llevar a cabo el monitoreo de conectividad.

Indicador	Tipo de muestreo (protocolo base)	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo sugerida	Especies indicadoras
Mamíferos	Fototrampeo (Herrera et al., 2025; Botello et al., 2022)	GPS Fototrampas Libreta Cámara fotográfica Formatos de registro	Permanente o dos veces al año por al menos 40 días	
	Transectos con trampas Tomahawk y Sherman (Farías, 2019; Botello et al., 2022; Barrios-Días y Molina-Moreira; 2021)	GPS Formatos de registro Cinta métrica Flexómetro Estacas Trampas Sherman Trampas Tomahawk Guantes Lámparas con infrarojo Cebo Bolsas de tela Vemier Reglas Guías de campo Cámara fotográfica Permiso de colecta Aretes de plástico Guantes	Dos veces al año	- <i>Didelphis virginiana</i> - <i>Sciurus aureogaster</i> - <i>Peromyscus gratus</i> - <i>Bassariscus astutus</i> - <i>Sylvilagus floridanus</i> - <i>Tadarida brasiliensis</i>
	Redes de niebla (Botello et al., 2022; Barrios-Días y Molina-Moreira; 2021)	GPS Formatos de registro Redes de niebla Guantes Bolsas de tela Vernier Reglas Cámara fotográfica Detectores ultrasónicos Permiso de colecta	Dos veces al año	

Indicador	Tipo de muestreo (protocolo base)	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo sugerida	Especies indicadoras
Aves	Puntos de conteo (Herrera et al., 2025; Botello et al., 2022)	GPS Binoculares Cronómetro Guía de campo Cámara fotográfica Cinta métrica Formatos de registro	Dos veces al año	- <i>Setophaga coronata</i> - <i>Psaltirparus minimus</i> - <i>Spinus psaltria</i> - <i>Haemorrhous mexicanus</i> - <i>Turdus migratorius</i> - <i>Pheucticus melanocephalus</i>
	Redes de niebla	Redes de niebla Anillos metálicos de diferentes tamaños Permisos de colecta Bolsas Calibrador Balanza Herramientas específicas (como alicates de anillado) Guías de identificación	Dos veces al año	- <i>Troglodytes aedon</i> - <i>Saucerottia beryllina</i> - <i>Cynanthus latirostris</i> - <i>Lampornis clemenciae</i> - <i>Myioborus miniatus</i> - <i>Melospiza melodia</i> - <i>Dryobates scalaris</i>
Polinizadores	Transectos de mariposas (Botello et al., 2022)	GPS Cinta métrica Binoculares Guías de campo Cámara fotográfica Formatos de registro	Dos veces al año	
	Etiquetas (monarchwatch.org)	Redes entomológicas Etiquetas adhesivas ligeras Formatos de registro Cámaras para registrar patrones de ala	Dos veces al año	- <i>Dione junio</i> - <i>Anthanassa texana</i> - <i>Vanessa virginiensis</i> - <i>Danaus gilippus</i> - <i>Papilio multicaudata</i> - <i>Papilio garamas</i> - <i>Leptophobia aripa</i> - <i>Brachygastra mellifica</i>
	Transectos de abejas (Botello et al., 2022)	GPS Cinta métrica Binoculares Guías de campo Cámara fotográfica Formatos de registro	Dos veces al año	- <i>Bombus sonorus</i>
Vegetación	Parcelas (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974)	GPS Cámara fotográfica Cinta diamétrica Cinta métrica Flexómetro Clinómetro Longímetro Guía de campo Formatos de registro	Una vez al año Más veces en sitios donde se realicen actividades de manejo, como reforestación	- <i>Pinus patula</i> - <i>Asplenium monanthes</i> - <i>Adiantum poiretii</i> - <i>Buddleja cordata</i> - <i>Bouvardia ternifolia</i> - <i>Ipomoea purpurea</i> - <i>Sprekelia formosissima</i> - <i>Zephyranthes fosteri</i> - <i>Sarcoglottis schaffneri</i> - <i>Calochortus barbatus</i>
Anfibios y reptiles	Transecto de banda fija (Botello et al., 2022)	GPS Formatos de registro Equipo de protección para reptiles (guantes para manejo de serpientes, ganchos herpetológicos y polainas de tela o de plástico) Guantes desechables Redes Guías de campo Cámara fotográfica	Dos veces al año	- <i>AquiloEURYCEA cephalica</i> - <i>Pseudoeurycea leprosa</i> - <i>Dryophytes eximius</i> - <i>Dryophytes plicatus</i> - <i>Sceloporus grammicus</i> - <i>Conopsis lineata</i> - <i>Storeria storerioides</i> - <i>Thamnophis pulchrilatus</i> - <i>Crotalus ravus</i>

MAMÍFEROS



Los mamíferos son un excelente grupo para estudiar las respuestas a la urbanización y son considerados como un grupo indicador del estado del hábitat debido a su amplia diversidad taxonómica y funcional, su extensa distribución geográfica, y la facilidad para llevar a cabo su monitoreo. Es un grupo con alta sensibilidad a los paisajes modificados, y la presencia de las especies y la diversidad funcional responde en gran medida a la composición y complejidad estructural de la vegetación, así como a atributos del paisaje como la conectividad y la cobertura a diferentes escalas espaciales (Morales-Díaz *et al.*, 2019; Martínez-Ferreira, *et al.*, 2020).

En este sentido, es sumamente importante su monitoreo, ya que cambios en la composición y estructura de estas comunidades pueden resultar en la modificación de la dinámica de los ecosistemas. Por ejemplo, la pérdida de especies especialistas puede promover la reducción de la polinización y dispersión de especies vegetales particulares, el crecimiento de plagas de invertebrados, la pérdida de la biodiversidad (defaunación) y el incremento de la prevalencia y transmisión de enfermedades zoonóticas (Young *et al.*, 2014). Por otro lado, las especies generalistas tienen ventajas competitivas para ocupar nichos ecológicos en sitios perturbados, llegando a dominar y a mantener altas densidades, desplazando a las especies especialistas del mismo grupo y de otros órdenes (Tomblin y Adler, 1998).

La mayoría de las especies encontradas en áreas altamente urbanizadas de la Ciudad de México son generalistas que muestran adaptaciones conductuales a ambientes urbanos (Hernández-Romero *et al.*, 2024), como el cacomixtle (*B. astutus*), el tlacuache (*D. virginiana*) y las ardillas (*O. variegatus*). Estas especies se pueden beneficiar de la disponibilidad de recursos de las áreas antropizadas, obteniendo alimento y áreas de anidación/refugio en sitios con grados de perturbación medios a altos (Magioli *et al.*, 2016). Sin embargo, las especies que son más sensibles a la fragmentación (p. ej., *U. cinereoargenteus* y *C. merriami*) se pierden a medida que aumenta la urbanización debido a su tamaño, dieta y requisitos de hábitat conservado (Miguet *et al.*, 2016). Por lo tanto, si la fragmentación aumenta en el paisaje en el futuro cercano, es probable que solo persistan las especies generalistas con amplias capacidades de movimiento que les permitan trepar árboles o edificios (Weiss y Ray 2019).



Tlacuache nortño (*Didelphis virginiana*)
Foto: Michelle Hernan (Usuario iNaturalist)



Ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*)
Foto: Arnulfo Moreno (Usuario iNaturalist)



Cacomixtle nortño (*Bassariscus astutus*)
Foto: Coronado Govaerts (Usuario iNaturalist)



Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*)
Foto: Jen Goellnitz (Usuario iNaturalist)



Murciélago mexicano cola suelta (*Tadarida brasiliensis*)
Foto: Bureau of Land Managemnts (Usuario iNaturalist)



Ratón piñonero (*Peromyscus gratus*)
Foto: Don Loarie (Usuario iNaturalist)

Monitoreo de mamíferos

El monitoreo de mamíferos se divide en tres: por fototampas, transectos con trampas *Tomahawk* o *Sherman*, y redes de niebla para murciélagos.

Fototampas

El monitoreo de mamíferos con fototampas se propone que se realice con una frecuencia de por lo menos dos veces al año, durante al menos 40 días, pero idealmente se debe realizar de manera permanente. Las cámaras serán el centro de la unidad de monitoreo del sitio de interés.

El número de cámaras en cada barranca se determinará por los brigadistas de acuerdo con la extensión de la barranca y la logística de trabajo. Además, se deberán poner las cámaras necesarias en los sitios prioritarios de conectividad, de acuerdo con su extensión. La distancia mínima entre cámaras debe ser de 500 m.

La brigada seleccionará locaciones seguras, colocará y programará las cámaras y los recorridos para el cambio de memorias y baterías, de forma en que las cámaras se encuentren activas el mayor número de días efectivos por mes, asegurando el correcto funcionamiento del equipo y el registro de datos (Anexo I. Formato de campo-Fototampas [página 75]). Para instalar las cámaras, se considerará evitar los bordes del perímetro a la barranca y, de ser posible, se establecerán estaciones fijas protegidas con alguna estructura para disminuir el riesgo de que personas ajenas al proyecto las puedan ubicar y dañar o robar.

Para la selección del sitio, se ubicarán caminos o senderos que permitan el paso de animales, ya que estos los utilizan para moverse; de preferencia, busque un cruce entre diferentes senderos. Una vez seleccionado el lugar donde se pondrá la fototampa, busque un tronco o establezca la estructura fija en el cual se pueda colocar, que se encuentre a una distancia aproximada de 2 m del camino o paso de fauna de interés. Coloque la cámara no de manera totalmente perpendicular al camino, sino con cierta inclinación en dirección a este, de manera que permita tomar por más tiempo al individuo que pase. Se colocará a una altura aproximada de 40 cm del suelo para que pueda detectar especies de diferentes tamaños; debe tomar $\frac{1}{3}$ de suelo y $\frac{2}{3}$ de paisaje (Figura 7).

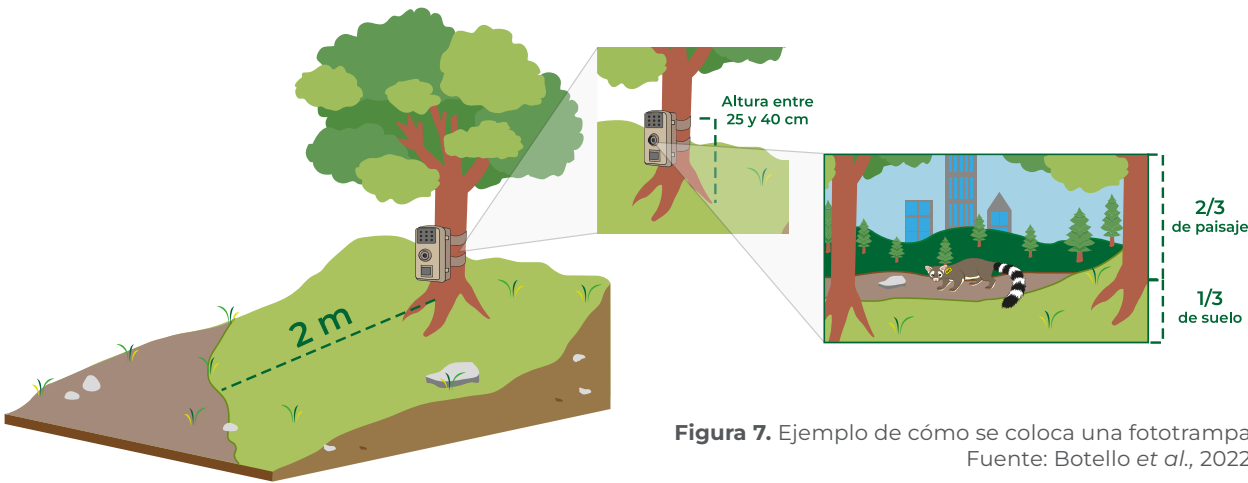


Figura 7. Ejemplo de cómo se coloca una fototampa. Fuente: Botello et al., 2022.

Programe la cámara con las siguientes especificaciones:

Fecha y hora:

Asegurarse que la fecha y hora sean correctas, ya que esto es básico para la captura de datos. Seleccionar la opción de etiquetar las fotos con fecha y hora.

Modo de captura de imágenes:

Seleccione modo de detección continua (día y noche), retraso de 1 segundo entre eventos, dos fotografías seguidas y un video

con 20 segundos de continuación.

Resolución de la imagen:

La mayor permitida por la fototampa.

Limpie el terreno frente a la fototampa para que no existan ramas u hojas que puedan activarla con su movimiento. No utilice cremas o lociones con aroma, ya que se puede dejar impregnado el olor y atraer a los animales a las fototampas.

Finalmente, cuando se instale, asegúrese de que esté reconociendo el movimiento a la altura deseada. Para ello, una persona debe ponerse en el sitio en el que se espera que pasen los animales y se tiene que asegurar de que esté encendida y tome fotografías. La persona debe colocarse con una hoja que tenga los datos de fecha, hora, número de estación y coordenadas.

Para el registro de grupos funcionales presentes, se utilizará la clasificación de Grupos funcionales de mamíferos de México propuesta por Mayani-Parás y colaboradores (2023).

Transecto con trampas *Tomahawk* o *Sherman*

Nota importante: para este método se realizan colectas de organismos, por lo que se deberá contar con los permisos de colecta correspondientes. Para conocer los trámites necesarios, consultar páginas de la SEMARNAT y la Dirección General de Vida Silvestre; <https://www.gob.mx/tramites/ficha/licencia-de-colecta-cientifica-o-con-propositos-de-ensenanza-en-materia-de-vida-silvestre-por-proyecto/SEMARNAT2880>

Este método se recomienda realizar con una frecuencia de por lo menos dos veces al año por sitio, y las estaciones deberán permanecer durante cinco noches por sitio.

Para la captura de mamíferos medianos y pequeños, como son las especies indicadoras de barrancas mencionadas anteriormente, se utilizan las trampas de jaula, ya sea *Tomahawk* o *Sherman*. Se recomienda utilizar trampas plegables pues facilitan mucho su transportación, así como poner un listón de marcaje en una rama o árbol que permita la localización de las trampas.

En un transecto de 450 m (si el espacio lo permite), coloque trampas *Tomahawk* y *Sherman* de manera intercalada cada 10 m (Figura 8). La mayoría de las especies muestran cierta aversión a espacios cerrados, por lo que su ingreso en las trampas debe ser estimulado mediante cebado, como una mezcla de hojuelas de avena con esencia de vainilla, frutas dulces, atún, miel, carne o comida para perros/gatos.

Las trampas se ceban y se activarán a las 18:00 h y se revisarán entre las 6:00 h y 9:00 h del día siguiente. Se debe incluir al menos una visita a las trampas durante ese periodo para evitar la mortalidad de los roedores. Si la zona de monitoreo es muy fría, se recomienda colocar algodón sintético dentro de la trampa.

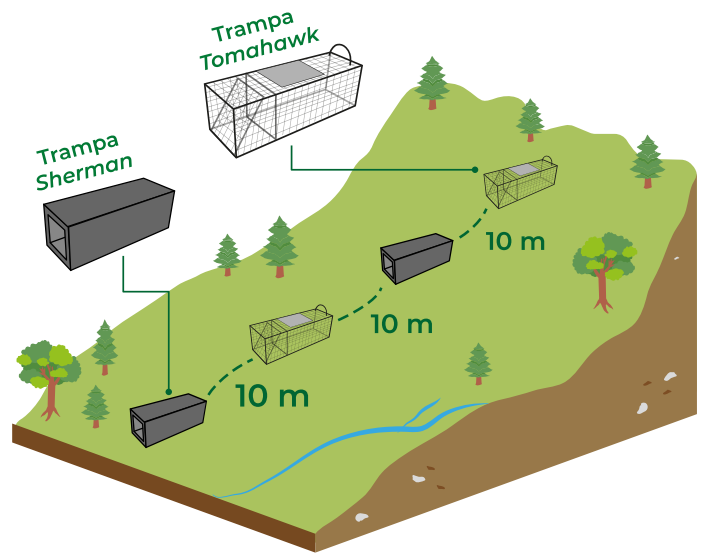


Figura 8. Disposición de trampas *Tomahawk* y *Sherman* para el monitoreo de especies de mamíferos.

Una vez que revise las trampas, almacene en sacos de tela todos los individuos capturados para su procesamiento in situ. Registre los datos (Anexo I. Formato de campo-Mamíferos pequeños, roedores [página 76]).

Todo el proceso de manipulación de un individuo capturado debe involucrar un monitoreo que cuide de su bienestar (buenas prácticas en su manipulación, siguiendo los protocolos, y con constante monitoreo de su conducta y sus signos vitales) (Luengos Vidal *et al.*, 2016). Al revisar la trampa se debe considerar que la presa pudo haber permanecido en ella por un periodo prolongado, por lo que es necesario comenzar con una evaluación visual de su estado. Para inmovilizar al animal capturado se puede utilizar una superficie plana con un mango (pistón) para empujarlo y acorralarlo contra el fondo. En ocasiones, cubrir la jaula o los ojos del individuo con una manta oscura ayuda a calmarlo.

Para las mediciones morfométricas básicas y la colocación de aretes, el equipo mínimo necesario puede corresponder de dos personas. Es importante el monitoreo continuo de los parámetros fisiológicos y conductuales del individuo. Generalmente este proceso es rápido y sencillo, por lo que pueden requerir sólo inmovilización física. Sin embargo, en muchos casos los animales deben ser sedados por un veterinario, por lo que se deben monitorear parámetros como temperatura rectal, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria. Finalizada la manipulación, el monitoreo continúa hasta que existan indicios de pérdida de efecto de la anestesia.

El marcaje de mamíferos terrestres se realiza a partir de pequeños aretes plásticos que se colocan rápidamente, perforando el pabellón auditivo o pliegues de piel del animal, con un número o color identificativo, o con superficies reflectantes para identificar el individuo incluso de noche (Figura 9). Tras colocar los aretes, se debe desinfectar el área afectada. Los aretes no deben quedar demasiado ajustados, que puedan afectar la circulación sanguínea, o demasiado flojos para arrancarse con la vegetación o durante el acicalamiento. Los individuos podrán identificarse mediante observación o fotografía, o por recaptura (Powell y Prolux, 2003; Kenward, 2000; Lagos y Villalobos, 2012).



Figura 9. Marcaje de mamíferos con aretes.

Monitoreo de murciélagos por redes de niebla y detectores ultrasónicos

Nota importante: para este método se realizan colectas de organismos, por lo que se deberá contar con los permisos de colecta correspondientes. Para conocer los trámites necesarios, consultar páginas de la SEMARNAT y la Dirección General de Vida Silvestre; <https://www.gob.mx/tramites/ficha/licencia-de-colecta-cientifica-o-con-propositos-de-ensenanza-en-materia-de-vida-silvestre-por-proyecto/SEMARNAT2880>

En el caso de los murciélagos, su captura se realiza con redes de niebla (Figura 10) y su marcaje es con pequeños anillos de metal o plástico en las extremidades de las alas, generalmente en la membrana entre los huesos del brazo. Los anillos están numerados para identificar a los individuos (Kunz, 1988).

Las redes de niebla se deberán adecuar al área de estudio, si es un sitio amplio se elegirá una red de gran tamaño o en caso contrario una red pequeña. Se recomiendan redes de 36 mm² de malla, 12 m de largo por 2.5 m de alto. Para la instalación de las redes se buscarán sitios potenciales de vuelo, tratando de abarcar la mayor cantidad de hábitats posibles: cauces de agua, interior del bosque, caminos o bordes del bosque. Además, se recomienda colocarlas en línea recta y utilizar al menos una red por noche.

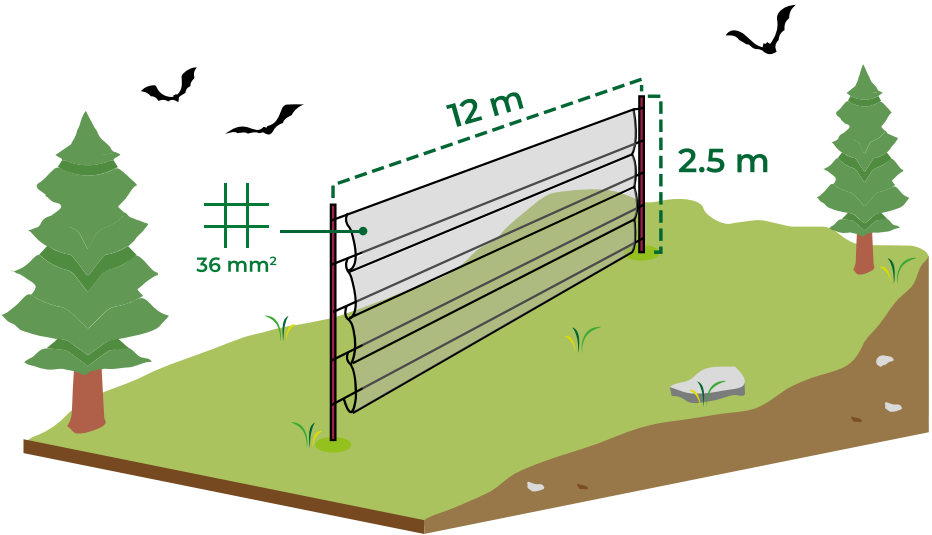


Figura 10. Red de niebla para captura de murciélagos. Fuente: Botello et al., 2022

Se recomienda un número no mayor a seis redes por sitio, con una distancia entre redes significativa para disminuir la probabilidad de captura de poblaciones cercanas, pero no demasiado para que se puedan revisar adecuadamente. Las redes se abrirán y permanecerán activas desde las 18:00 h hasta las 23:30 h aproximadamente, siempre y cuando las condiciones lo permitan. Se deberán visitar cada 30 - 45 min, dependiendo de la frecuencia de caída de los individuos y de las condiciones meteorológicas. Cada red permanecerá en un mismo sitio durante dos noches consecutivas, ya que después de ese tiempo disminuye la probabilidad de captura. En caso de que el número de capturas no disminuya y se continúe registrando especies diferentes, o cuando la disponibilidad de sitios para la colocación de redes es baja, las redes permanecen en el mismo sitio hasta cinco noches consecutivas. Registre los datos (Anexo I. Formato de campo- Mamíferos pequeños, murciélagos [página 77]).

De manera complementaria, si se cuenta con el equipo, se pueden utilizar detectores ultrasónicos, los cuales son una alternativa al no llevar a cabo manipulación de individuos. Los equipos se colocan en un ángulo de 45° y a una altura de 1 m con respecto al suelo, orientados hacia dónde se encuentra el paso de murciélagos. Los sonidos de alta frecuencia se graban en intervalos de un minuto a 16-bit usando el programa *Avisoft-sasLasb Pro Avisoft-recorder* (Avisoft Bioacoustics, Berlin, Alemania) y el análisis de cada grabación se realiza más adelante con el programa *BatSound Pro* (Pettersson Elektronik ab, Uppsala, Suecia) para examinar los sonogramas.

Las especies registradas se identifican al comparar los sonogramas con una biblioteca de sonidos. Registre los datos (Anexo I. Formato de campo- Mamíferos pequeños, murciélagos [página 77]).

AVES



Las aves son un grupo taxonómico de gran importancia debido a que un gran número de ellas son indicadoras de la salud del ambiente y de la perturbación. Su presencia está estrechamente relacionada con la condición del hábitat, respondiendo a cambios mínimos en el ecosistema (Arizmendi, 2001; Sarmiento-Sánchez *et al.*, 2004).

En nuestro país se distribuyen entre 1 123 y 1 150 especies de aves, cerca del 11 % de las especies del mundo, posicionando a México en el onceavo país más rico en aves, de las cuales entre 194 y 212 especies son endémicas (Gill y Donsker, 2013). Además, aunque el 77 % de las aves se reproducen en el país y la mayor parte son residentes permanentes, también se cuenta con especies visitantes de invierno y migratorias de paso (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014). Por ende, estudiar estos patrones de migración y tendencias poblacionales ayuda a conocer la conectividad y la integridad de los ecosistemas presentes a lo largo de sus rutas migratorias y de sus áreas de residencia de invierno y verano.

Las aves juegan un papel fundamental en la estructura y función de los ecosistemas, llevando a cabo procesos como por ejemplo la dispersión de semillas, polinización de flores y el control de plagas (Ortega-Álvarez *et al.*, 2012). Sin embargo, la degradación que sufren los ecosistemas ha llevado a la pérdida de especies, la cual puede afectar no solo a la riqueza de especies per se, sino también a la función ecológica que estas desempeñan en un ecosistema. Por lo tanto, se vuelve sumamente relevante estudiar a los grupos funcionales (conjunto de especies que poseen atributos semejantes y que desempeñan papeles ecológicos equivalentes, explotando de manera similar un mismo recurso; Martínez-Ramos, 2008) presentes en una localidad y conocer el número de especies presentes por cada grupo (redundancia funcional).



Chipe rabadilla amarilla (*Setophaga coronata*)
Foto: Ad Konings (Usuario iNaturalist)



Sastrecillo (*Psaltriparus minimus*)
Foto: Kevin Krebs (Usuario iNaturalist)



Jilguero Dominicó (*Spinus psaltria*)
Foto: Mason Maron (Usuario iNaturalist)



Pinzón mexicano (*Haemorhous mexicanus*)
Foto: Juan Miguel (Usuario iNaturalist)



Mirlo primavera (*Turdus migratorius*)
Foto: Judy Gallagher (Usuario iNaturalist)



Picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*)
Foto: Greg Lasley (Usuario iNaturalist)

Especies indicadoras de aves para las barrancas de la CDMX



Saltapared común (*Troglodytes aedon*)
Foto: Bill Bouton (Usuario iNaturalist)



Colibrí berilo (*Saucerottia beryllina*)
Foto: Ricardo Arredondo (Usuario iNaturalist)



Colibrí pico ancho nortño (*Cynanthus latirostris*)
Foto: Nancy Christensen (Usuario iNaturalist)



Pavito alas negras (*Myioborus miniatus*)
Foto: Mark Dennis (Usuario iNaturalist)



Colibrí garganta azul (*Lampornis clemenciae*)
Foto: Kyle Paul (Usuario iNaturalist)



Gorrion cantor (*Melospiza melodia*)
Foto: Mason Maron (Usuario iNaturalist)

Monitoreo de aves

El monitoreo de estas y otras especies de aves se lleva a cabo a través de puntos de conteo y por redes de niebla, con una frecuencia sugerida de por lo menos dos veces al año, en temporada migratoria (invierno) y no migratoria de acuerdo con el protocolo de monitoreo de la biodiversidad que implementa SEDEMA desde 2021.

Puntos de conteo

En cada barranca se establecerán puntos de conteo en áreas estratégicas de fácil acceso, que puedan ser muestreados de forma permanente en un recorrido establecido y realizarse de forma rutinaria. Se procurará que el punto de muestreo se encuentre a por lo menos 100 m del borde de la vegetación y que cada punto, así como el conjunto de puntos en el área, capturen la mayor variabilidad posible, incluyendo diferentes condiciones de disturbio. Los puntos deben tener mínimo 200 m de distancia entre sí.

En cada salida se buscará realizar el mayor número de puntos de conteo posible por área. En los recorridos se procurará cambiar el orden en el que se realizan los puntos de conteo con el propósito de que cada punto sea muestreado bajo diferentes condiciones ambientales y capturar una mayor variabilidad del sistema natural. Los recorridos se llevarán a cabo preferentemente de 7:00 a 12:00 horas y de 15:00 a 19:00 horas, evitando días lluviosos, con frío intenso o mucho viento.

Al llegar al punto de conteo, espere 2 minutos antes de empezar a registrar a las aves observadas, ya que la presencia humana puede perturbar a las aves y se debe esperar a que se adapten a su presencia. Pasados los 2 minutos, con ayuda de binoculares, aplicaciones de reconocimiento de cantos (por ejemplo, Merlín) y guías de identificación, se realizará el registro de todas las especies observadas o escuchadas durante un periodo de 20 minutos.



Carpintero mexicano (*Dryobates scalaris*)
Foto: Ad Konings (Usuario iNaturalist)

Figura 11. Distribución de puntos de conteo en el sitio, a una distancia de 200 m uno del otro, abarcando la mayor área posible.



Los brigadistas reunirán toda la información recabada en los formatos de campo correspondientes para el registro de aves (Anexo I. Formato de campo-Aves [página 78]). El observador registrará la especie, el número de individuos observados, el sexo (en caso de que sea posible), el número de fotografía, así como observaciones adicionales que pudieran dar información valiosa sobre el área (por ejemplo, si se observa a algún ave anidando, forrajeando o si hay un basurero cercano).

Si no se puede identificar la especie, se realizará el registro fotográfico para su posterior identificación. Se pueden utilizar aplicaciones que permitan identificar cantos e imágenes que faciliten su identificación.

Para el registro de grupos funcionales presentes, se utilizará la clasificación de Grupos funcionales de aves de México propuesta por Mayani-Parás y colaboradores (2023).

Anillamiento y redes de niebla

Nota importante: para este método se realizan colectas de organismos, por lo que se deberá contar con los permisos de colecta correspondientes. Para conocer los trámites necesarios, consultar páginas de la SEMARNAT y la Dirección General de Vida Silvestre; <https://www.gob.mx/tramites/ficha/licencia-de-colecta-cientifica-o-con-propositos-de-ensenanza-en-materia-de-vida-silvestre-por-proyecto/SEMARNAT2880>

En el caso de las aves el marcaje se lleva a cabo por anillamiento, siguiendo algunos protocolos como la *Guía de estudio del anillador de norteamérica* (NABC, 2003) y el *Manual para anillar paseriformes y cuasipaseriformes del anillador de norteamérica* (excluyendo colibríes y búhos) (NABC, 2003), el cual es un procedimiento científico detallado que implica capturar, identificar, marcar y registrar información de las aves para diferentes estudios.

Para poder llevar a cabo este monitoreo se necesita una certificación de anilladores por el Consejo Norteamericano de Anillamiento (NABC por sus siglas en inglés), la cual requiere de la aprobación de un examen por escrito y una evaluación de campo en habilidades de anillado. Aquí se describe de manera básica el proceso para el anillamiento, pero para llevarlo a cabo se debe utilizar la *Guía de estudio del anillador de norteamérica* (NABC, 2003), así como el Pyle (1997).

Las redes de niebla deben colocarse en áreas estratégicas, asegurando que las condiciones climáticas sean seguras y las aves deben retirarse rápidamente para evitar estrés prolongado o lesiones. Se colocan hasta cinco redes, dependiendo del área del sitio, a una distancia de aproximadamente 150 m una de la otra. Se deberán instalar antes de los picos de actividad de las aves, al amanecer, cerrándolas o desmontándolas una vez finalizados estos periodos de tiempo. El monitoreo de las redes debe hacerse de manera frecuente en intervalos de tiempo no mayores a 30 minutos.

Una vez capturado un individuo, se debe hacer la liberación de los individuos tan pronto como sea posible, se guarda en una bolsa de jareta de tela suave y delgada, se aproximadamente 15 x 20 cm, y se transporta a la estación de

procesamiento. No se deben meter dos o más individuos en una misma bolsa.

Para asegurar el bienestar de las aves durante el manejo es crucial la utilización de las formas de sujeción apropiadas (Figura 12a). Los anilladores diestros normalmente sostienen a las aves con la mano izquierda, y viceversa, dejando la otra mano libre para escribir, sostener las pinzas anilladoras, etc.

Sostenga al ave con el cuello cerca de la base del espacio que hay entre los dedos índice y medio. Con estos dos dedos entrecerrados suavemente alrededor del cuello del ave, las alas pueden ser detenidas contra la palma de su mano. Los dedos restantes y el pulgar se cierran suavemente alrededor del cuerpo del ave, formando un tipo de jaula. Este tipo de sujeción deja las patas del ave libres para anillar. Nunca traslape las alas sobre el dorso del ave, o las baje más allá de la línea del cuerpo; esto puede ocasionar torceduras a las alas y resultar en daños a los tejidos. Siempre tenga cuidado de no prensar el cuerpo del ave demasiado fuerte, ya que puede resultar en rompimiento de costillas, daños en los sacos de aire, o sofocación. Si el ave logra escaparse, es mejor solo dejarla ir que tratar de atraparla.



Figura 12a. Sujeción apropiada de aves para su marcaje.

Sosteniendo al ave en una mano, y las pinzas en la otra, coloque el anillo sobre el apéndice hendido de las pinzas. Abra el anillo uniformemente y solo lo necesario para colocarla sobre la pata. Coloque el anillo en el hoyo correcto de las pinzas. Sostenga con firmeza los dedos del ave entre sus dedos índice y pulgar, inmovilizando la pata y exponiendo el tarso. Suavemente deslice el anillo sobre el tarso y ciérrelo con cuidado, asegurando no prensar el tarso o traslapar el anillo (Figura 12b).

Abra y retire las pinzas. Una vez que el ave ha sido anillada, deje las pinzas, lea y registre el número del anillo, procese al ave tan rápidamente como sea posible para que pueda liberarla ilesa, y con un mínimo de estrés.

Se registran datos clave para análisis científicos, como especie y sexo (utilizando guías de campo y características físicas como plumaje, forma del pico o comportamiento), edad (determinada mediante el desgaste del plumaje, muda o características específicas de las plumas), mediciones (longitud del ala, peso corporal, longitud del pico, entre otras), el estado general del ave, coordenadas, fecha y hora.

Después de procesar, las aves deben ser liberadas rápidamente en el mismo sitio de captura para minimizar su desorientación.



Figura 12b. Anillamiento de aves.

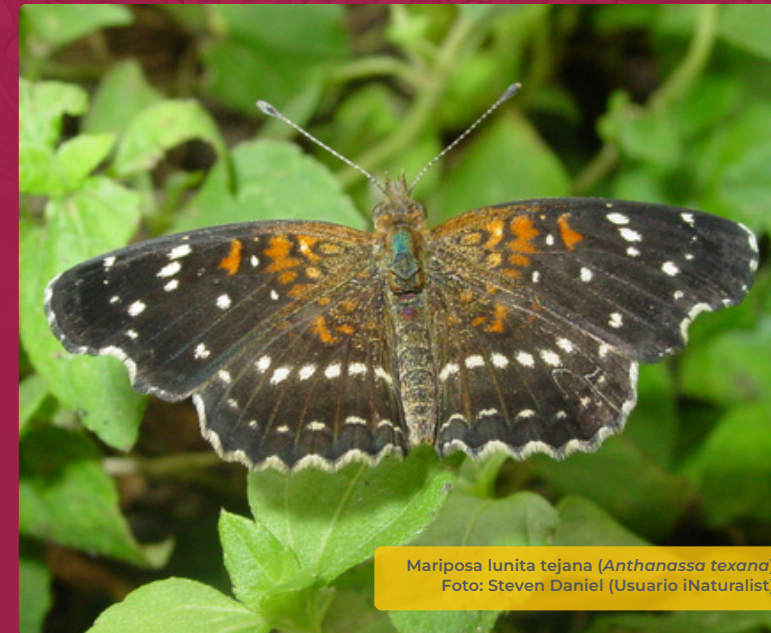
Se escoge un anillo de aluminio o acero inoxidable del tamaño adecuado para la especie (cada especie tiene un tamaño diferente, consultar la Guía de estudio del anillador de norteamérica [NABC, 2003] y el Manual para anillar paseriformes y cuasipaseriformes del anillador de norteamérica [NABC, 2003]), el cual contiene un código único de identificación. La selección del tamaño del anillo se define por el tamaño de la pata del ave, debajo de la articulación metatarsal. Se considera que el anillo tiene buen ajuste si puede rotar y deslizarse hacia arriba y abajo del tarso, sin pasar por encima de la articulación metatarsal, o hasta los dedos del ave. Al tomar al ave, utilice el medidor de patas para determinar la talla apropiada del anillo.

POLINIZADORES



Los polinizadores son relevantes para el mantenimiento de la biodiversidad y en la seguridad alimentaria mundial debido a que un tercio de la polinización proviene de la transferencia de polen a través de insectos, siendo un servicio vital para la supervivencia de plantas agrícolas y silvestres (Klein *et al.*, 2009). A pesar de esto, no fue hasta el 2006 que se detectó un declive global de las poblaciones de polinizadores, especialmente de las abejas, de las cuales se reportaron 25 % menos especies que en 1990 (Zattara y Aizen, 2021). A partir de entonces, se incrementó el esfuerzo por conocer el estado actual de estos grupos y comprender los cambios en los servicios de polinización, principalmente en insectos.

A través de su monitoreo, se puede obtener información acerca del estado y tendencias de los polinizadores a lo largo del tiempo, con la finalidad de realizar acciones de manejo y conservación.



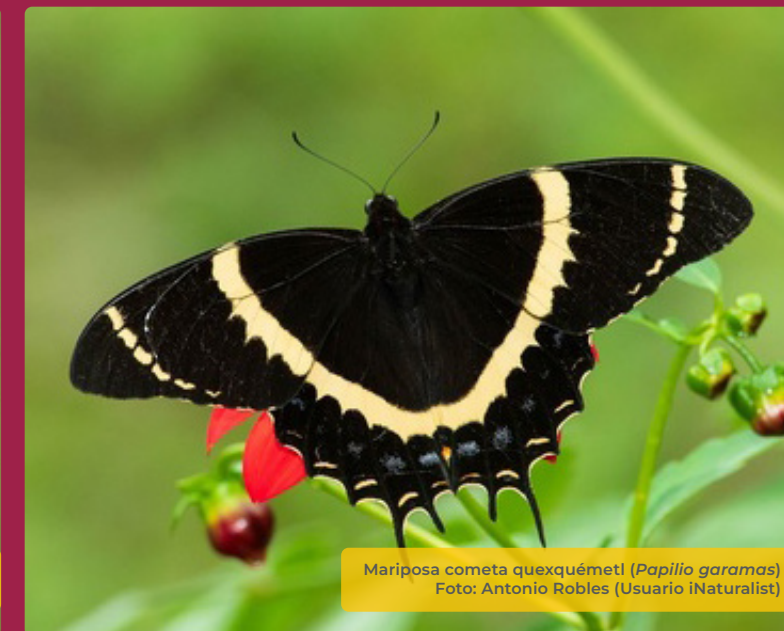
Mariposa lunita tejana (*Anthanassa texana*)
Foto: Steven Daniel (Usuario iNaturalist)



Mariposa Vanesa americana (*Vanessa virginiensis*)
Foto: Chris Rorabaugh (Usuario iNaturalist)



Mariposa blanca de la col (*Leptophobia aripa*)
Foto: Ryszard (Usuario iNaturalist)



Mariposa cometa quexquémetl (*Papilio garamas*)
Foto: Antonio Robles (Usuario iNaturalist)

Especies indicadoras de polinizadores para las barrancas de la CDMX



Mariposa pasionaria de alas largas (*Dione juno*)
Foto: Alain01789 (Usuario iNaturalist)



Mariposa cometa xochiquetzal (*Papilio multicaudata*)
Foto: David Alan (Usuario iNaturalist)



Mariposa reina (*Danaus gilippus*)
Foto: Derrick L. Mims (Usuario iNaturalist)



Abejorro zumbador (*Bombus sonorus*)
Foto: Xuxal (Usuario iNaturalist)



Monitoreo de polinizadores

El monitoreo de estas y otras especies de polinizadores se divide en dos métodos: monitoreo de mariposas y monitoreo de abejas (Botello et al., 2022). La frecuencia de monitoreo se sugiere que sea dos veces al año, durante la temporada de secas y temporada de lluvias.

Transectos

Para realizar el monitoreo de mariposas se proponen las observaciones directas por transecto de 100 m de largo por 10 m de ancho por cada 1 000 m de transecto. Es relevante realizar el muestreo entre las 7:00-13:00 y/o 17:00-18:30 h que es el tiempo de principal de actividad de las mariposas. Recorra el transecto por 30 minutos por el centro, observando cinco metros a la izquierda y cinco metros a la derecha.

Identifique los organismos observados con ayuda de binoculares y guías de campo, registre las especies y su abundancia (Anexo I. Formato de campo-Polinizadores [página 80]). Si le es posible, tome fotografías de los individuos para facilitar la determinación taxonómica de las especies con ayuda de un experto entomólogo.

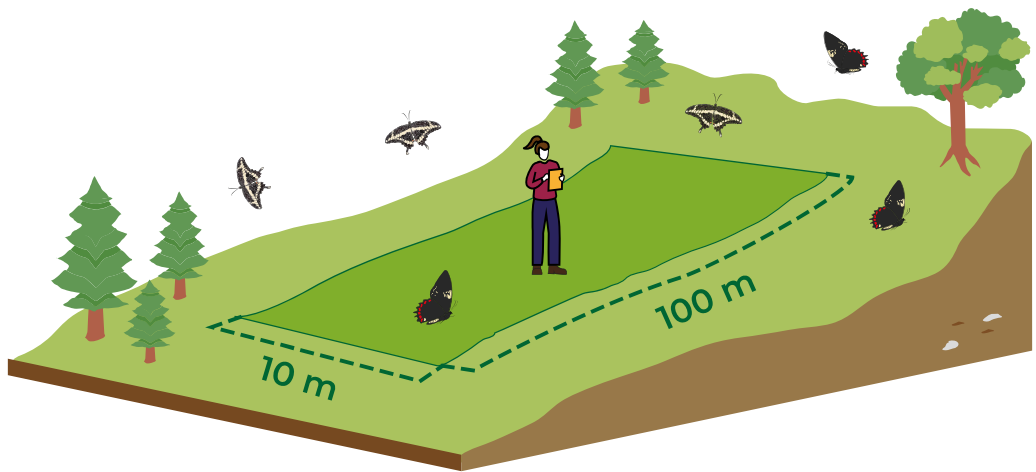


Figura 13. Transecto para el monitoreo de polinizadores.

Etiquetas

Nota importante: para este método se realizan colectas de organismos, por lo que se deberá contar con los permisos de colecta correspondientes. Para conocer los trámites necesarios, consultar páginas de la SEMARNAT y la Dirección General de Vida Silvestre; <https://www.gob.mx/tramites/ficha/licencia-de-colecta-cientifica-o-con-propositos-de-ensenanza-en-materia-de-vida-silvestre-por-proyecto/SEMARNAT2880>

Por otro lado, para marcar a las mariposas se utilizan etiquetas adhesivas ligeras (para apoyo en el proceso de marcaje, consultar: www.monarchwatch.org).

Las mariposas son capturadas cuidadosamente con una red entomológica y se manipulan con precaución para evitar dañar sus alas o cuerpo. El mejor momento para capturarlas es en las primeras horas del día, cuando son menos activas; evitar manipularlas en temperaturas extremas o condiciones húmedas para prevenir estrés o daño.

Una vez capturada, prepare la etiqueta adhesiva al ponerla en un palillo y registre el código. Tome a la mariposa con las alas cerradas, con el dedo pulgar y el índice, y ponga la etiqueta adhesiva en el centro del ala del individuo, en la celda discal del ala (Figura 14). Gentilmente, haga presión por unos segundos en ambos lados de la mariposa para que la etiqueta se pegue, y libere al individuo.

Por último, registre los datos necesarios, como código de identificación, especie, sexo (cuando es posible), condición física (desgaste de alas, lesiones, etc.), coordenadas, fecha y hora. La mariposa se libera en el mismo lugar donde fue capturada para minimizar el estrés y favorecer su orientación natural.



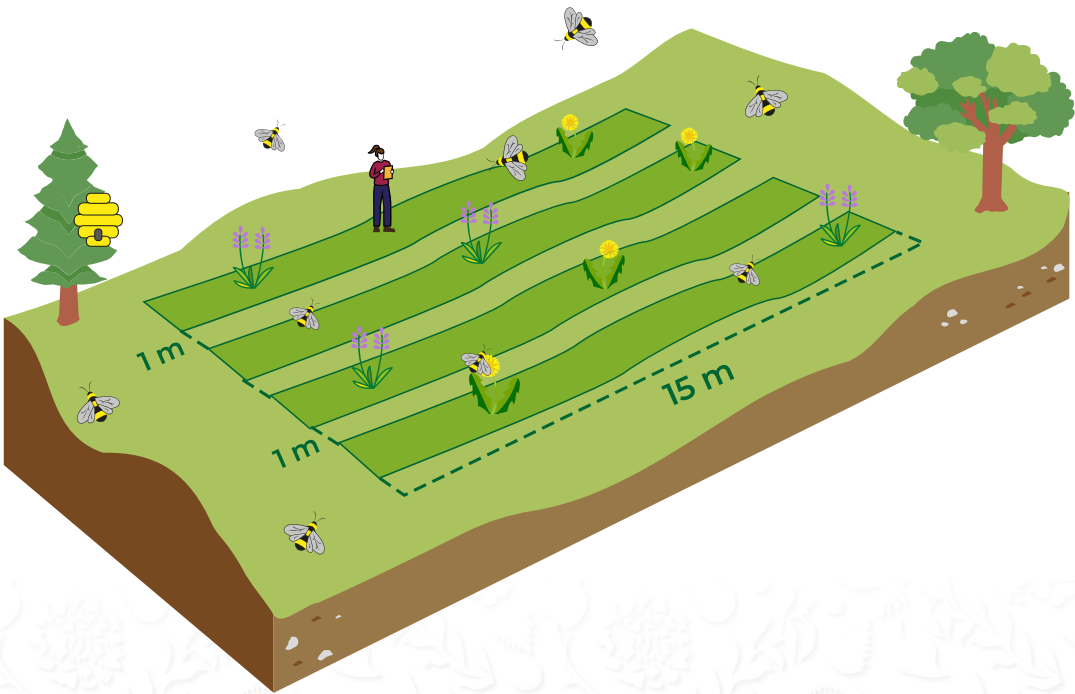
Figura 14. Etiqueta de marcaje para mariposas.

Abejas

El objetivo de este indicador es contar con una aproximación de la cantidad de abejas que utilizan el sitio, no la tasa de visitas a las plantas. Se recomienda realizar el monitoreo entre las 12:00-16:00 h. Para facilitar la determinación de especies de abejas, se recomienda el uso de cámaras fotográficas que permitan registrar las estructuras más características de los individuos observados.

Realice cuatro transectos de 15 m a lo largo del sitio. Entre transectos se debe tener una distancia de 1 m para observar abejas en flores (Figura 15). Cada transecto debe muestrearse durante 7.5 minutos por transecto, realizando observaciones de las abejas en flores. Las visitas a las flores se consideran cuando el individuo se encuentra en ellas por más de 0.5 segundos. Registre los datos (Anexo I. Formato de campo- Polinizadores [página 80]).

Figura 15. Transecto para el monitoreo de abejas. Fuente: Botello et al., 2022.



VEGETACIÓN



La vegetación contribuye a mantener las condiciones ambientales necesarias para la continuidad de los servicios ecosistémicos esenciales para la conservación de la vida silvestre y el bienestar humano. Por ejemplo, mantiene y regula el ciclo del agua, de los nutrientes, de la formación y erosión de suelo, capta y almacena carbono, provee materias primas, medicinas, alimento, agua y aire limpio (FMCN et al., 2018).

La identificación de las especies vegetales que componen a los ecosistemas de las barrancas es relevante para conocer la estructura de la vegetación, la diversidad de especies, abundancia y la dinámica de las comunidades vegetales (González-Rodríguez et al., 2010). Su caracterización es importante, ya que la distribución y abundancia de las especies podría no ser similar entre sitios y esto puede deberse a factores como la calidad del suelo, el clima, las interacciones con algunos animales, algún tipo de perturbación, entre otros (González-Rodríguez et al., 2010). Además, permite conocer la complejidad de su estructura y con ello determinar el estado de conservación del ecosistema o, en su defecto, el estado sucesional en el que se encuentra. En este contexto, el monitoreo de la composición de la vegetación permite contar con información veraz, oportuna e indispensable para planificar las actividades de manejo y conservación de los ecosistemas (FMCN et al., 2018).

Especies indicadoras de vegetación para las barrancas de la CDMX



Ocote colorado (*Pinus patula*)
Foto: James Gaither (Usuario iNaturalist)



Helecho perejil de un soro (*Asplenium monanthes*)
Foto: Ignacio Torres (Usuario iNaturalist)

Especies indicadoras de vegetación para las barrancas de la CDMX

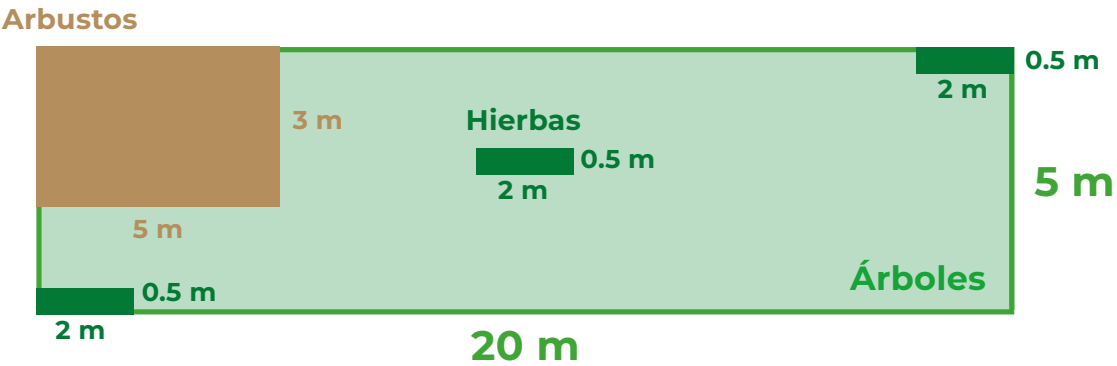


Monitoreo de vegetación

El monitoreo de estas y otras especies vegetales se lleva a cabo a partir de parcelas, con una frecuencia sugerida de una vez al año, a menos que se esté llevando a cabo un proceso de restauración u otra actividad de manejo para el cual sea necesario tener un monitoreo más frecuente.

En cada barranca se establecerán parcelas rectangulares de 100 m² (20 m de largo por 5 m de ancho) para el muestreo de árboles (Figura 16). En toda la parcela se llevará a cabo la medición de árboles, en una de las esquinas de la parcela seleccionada al azar se establecerá un rectángulo de 15 m² (3 m por 5 m) para el muestreo de arbustos, y en dos esquinas y al centro de la parcela se establecerán tres rectángulos de 1 m² (0.5 m por 2 m) para hierbas. El número de parcelas por barranca se definirá con base en la extensión de la barranca. Todas las parcelas se marcarán de manera permanente con estacas.

Figura 16. Disposición del área para el monitoreo de vegetación.
Fuente: Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974.



Vegetación arbórea

El estrato arbóreo está constituido por todas las plantas leñosas y monopodiales que miden > 250 cm de altura (Cano-Santana, 1994). Este estrato de la vegetación se medirá en la parcela de 100 m² (Figura 15), en la que se realizará la identificación, el conteo y el marcaje de todos árboles presentes al interior de la parcela y se registrarán en el formato de campo (Anexo I. Formato de campo- Vegetación arbórea [página 81]). Se medirá el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con una altura > 250 cm y la altura total con ayuda de un distanciómetro (Figura 17a). Se registrará la presencia de plantas epífitas y de hongos en el tronco (expresada como densidad baja, media y alta), así como la presencia de plagas y el avance de la infestación, utilizando una escala de severidad (Figura 17b; Pérez-Laorga *et al.*, 2001). Finalmente, se registrará la condición en la que se encuentra: vivo, muerto en pie o tocón (sección de tronco que queda en el suelo unido a la raíz cuando el corte del individuo se realiza cerca de su base). Si no se puede identificar la especie, se realizará el registro fotográfico de las ramas con flores o frutos para su posterior identificación.

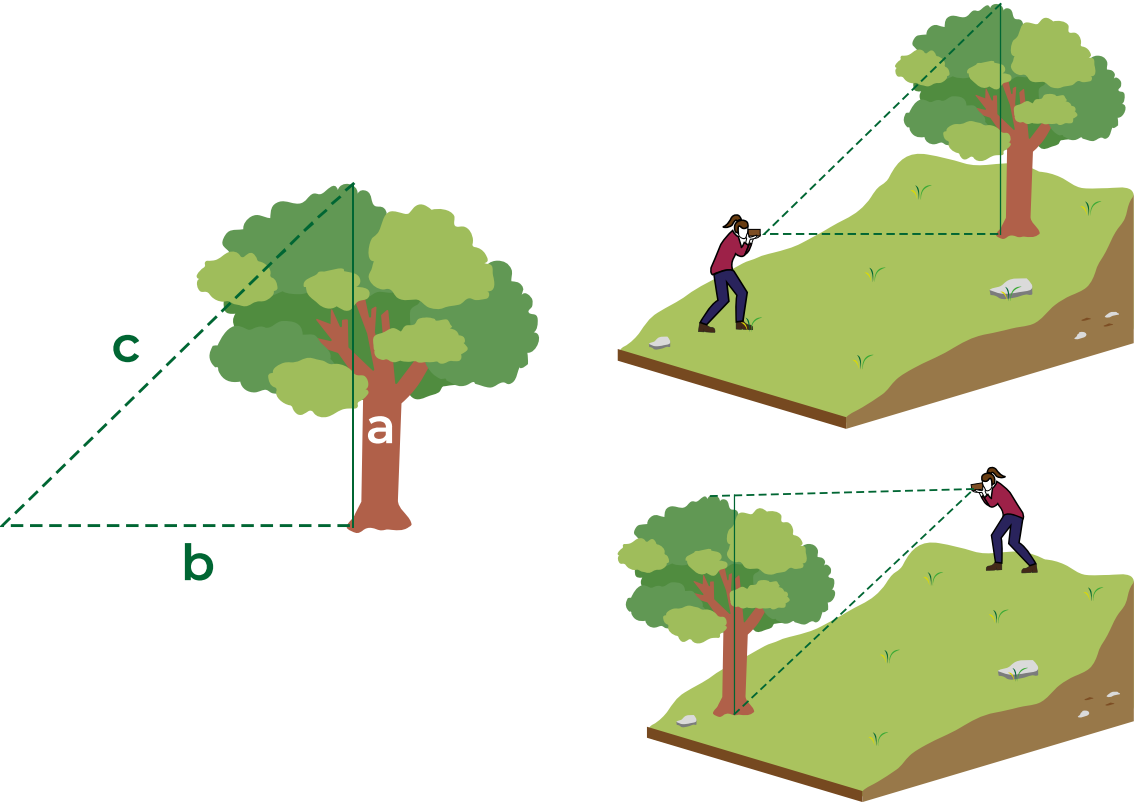


Figura 17a. Método para medición de la altura de los individuos.

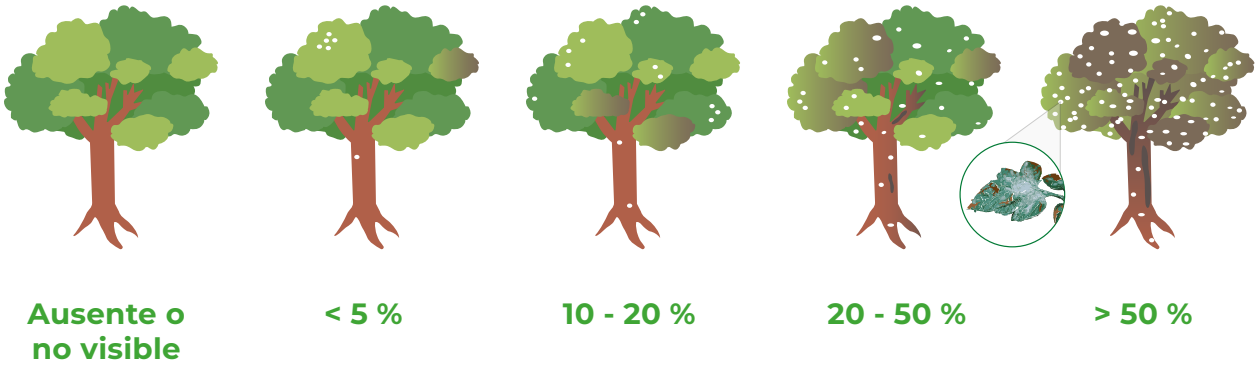


Figura 17b. Categorías para la presencia de enfermedades y plagas.
Fuente: Comisión Nacional Forestal. CONAFOR (2017). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimientos de muestreo. Zapopan, Jal., México.

Vegetación arbustiva

El estrato arbustivo está constituido por todos los arbustos con tallos leñosos y plantas suculentas que miden > 30 cm y plantas arbóreas con una altura de 30-250 cm (Cano-Santana, 1994). Este tipo de vegetación se registrará en la parcela mediana (15 m²), en la que se realizará la identificación, el conteo y el marcaje de todos los arbustos presentes al interior de la parcela, así como el porcentaje de cobertura o proporción que la especie ocupa respecto de la superficie delimitada por la parcela (Figura 7; FMCN *et al.*, 2018). Si no se puede identificar la especie, se realizará el registro fotográfico de las ramas con flores o frutos para su posterior identificación. Todos los datos se registrarán en el formato de campo para el registro de especies arbustivas (cuadro 11; Anexo I. Formato de campo- Vegetación arbustiva [página 82]).

Vegetación herbácea

La vegetación herbácea está integrada por hierbas anuales y perennes de cualquier altura y plantas suculentas y leñosas < 30 cm (Cano-Santana, 1994). Este tipo de vegetación se muestreará en las parcelas más pequeñas (1 m²), en las que se realizará el registro en el formato de campo de todas las especies (Figura 7; Anexo I. Formato de campo- Vegetación herbácea [página 83]), una estimación de su abundancia en porcentajes, así como el porcentaje de cobertura que la especie ocupa respecto de la superficie de la parcela (FMCN *et al.*, 2018). Si no se puede identificar la especie, se realizará el registro fotográfico de las ramas con flores o frutos para su posterior identificación.

ANFIBIOS Y REPTILES



México cuenta con una gran riqueza de anfibios y reptiles. En el país se distribuyen 376 y 864 especies, respectivamente, de las cuales el 65 % de especies de anfibios y 57 % de especies de reptiles son endémicas (Flores-Villela y García-Vásquez, 2014; Parra-Olea *et al.*, 2014). Sin embargo, son dos grupos altamente dependientes de las condiciones ambientales y son los dos grupos de vertebrados terrestres más vulnerables a amenazas como la pérdida de hábitat y la fragmentación, a la contaminación del aire y del agua, al cambio climático, a la minería, a patógenos, entre otras amenazas (Stuart *et al.*, 2004; Beebee *et al.*, 2005).

Una de las razones por las que son muy vulnerables es su limitada dispersión, por lo que es poco probable que puedan moverse entre fragmentos de hábitat (Gardner *et al.*, 2007), además de ser especies altamente especializadas para el ambiente en el que se distribuyen, por lo que muestran una disminución en sus poblaciones ante cambios en el ambiente.

Su monitoreo es importante al ser dos grupos muy vulnerables al cambio en el ecosistema y buenos indicadores de la integridad ecológica.

Especies indicadoras de anfibios y reptiles para las barrancas de la CDMX



Tiaconete regordete (*Aquiloeurycea cephalica*)
Foto: Alejandro Calzada (Usuario iNaturalist)



Rana de árbol de montaña (*Dryophytes eximius*)
Foto: Luis Felipe (Usuario iNaturalist)



Rana de árbol plegada (*Dryophytes plicatus*)
Foto: Bibiana (Usuario iNaturalist)



Tiaconete dorado (*Pseudoeurycea leprosa*)
Foto: Lizette Pons (Usuario iNaturalist)



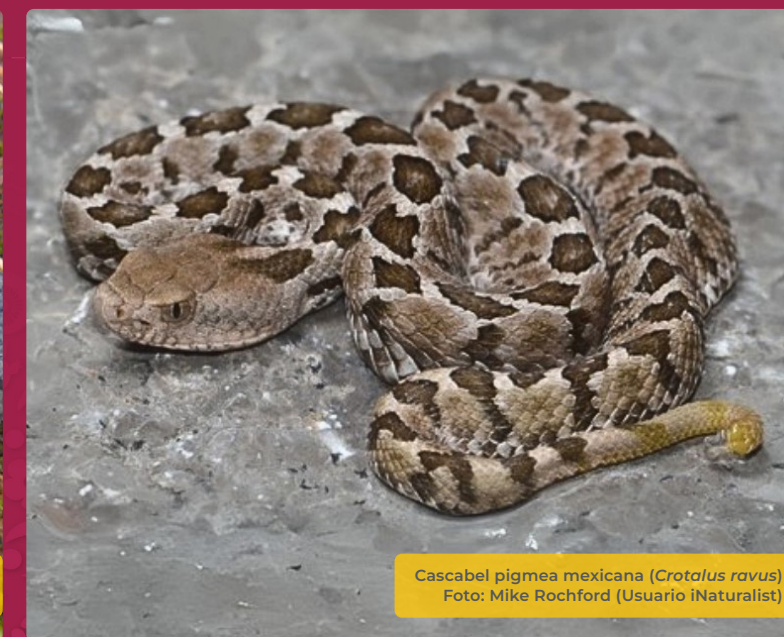
Lagartija espinosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*)
Foto: Juan Miguel (Usuario iNaturalist)



Culebra terrestre del centro (*Conopsis lineata*)
Foto: César A. Díaz (Usuario iNaturalist)



Culebra parda mexicana (*Storeria storerioides*)
Foto: Elvis Herrera (Usuario iNaturalist)



Cascabel pigmea mexicana (*Crotalus ravus*)
Foto: Mike Rochford (Usuario iNaturalist)



Monitoreo de anfibios y reptiles

El monitoreo de estas y otras especies de anfibios y reptiles se llevará a cabo a través de transectos de banda fija (Botello et al., 2022). La frecuencia de monitoreo se sugiere que sea dos veces al año, durante la temporada de secas y temporada de lluvias.

Nota importante: para este método se realizan colectas de organismos, por lo que se deberá contar con los permisos de colecta correspondientes. Para conocer los trámites necesarios, consultar páginas de la SEMARNAT y la Dirección General de Vida Silvestre; <https://www.gob.mx/tramites/ficha/licencia-de-colecta-cientifica-o-con-propositos-de-ensenanza-en-materia-de-vida-silvestre-por-proyecto/SEMARNAT2880>

Para el monitoreo de estos dos grupos es muy importante que se cuente con equipo de protección adecuado, como guantes, ganchos herpetológicos y polainas de tela o de plástico, para evitar cualquier accidente que ponga en peligro la integridad del personal que realiza el monitoreo.

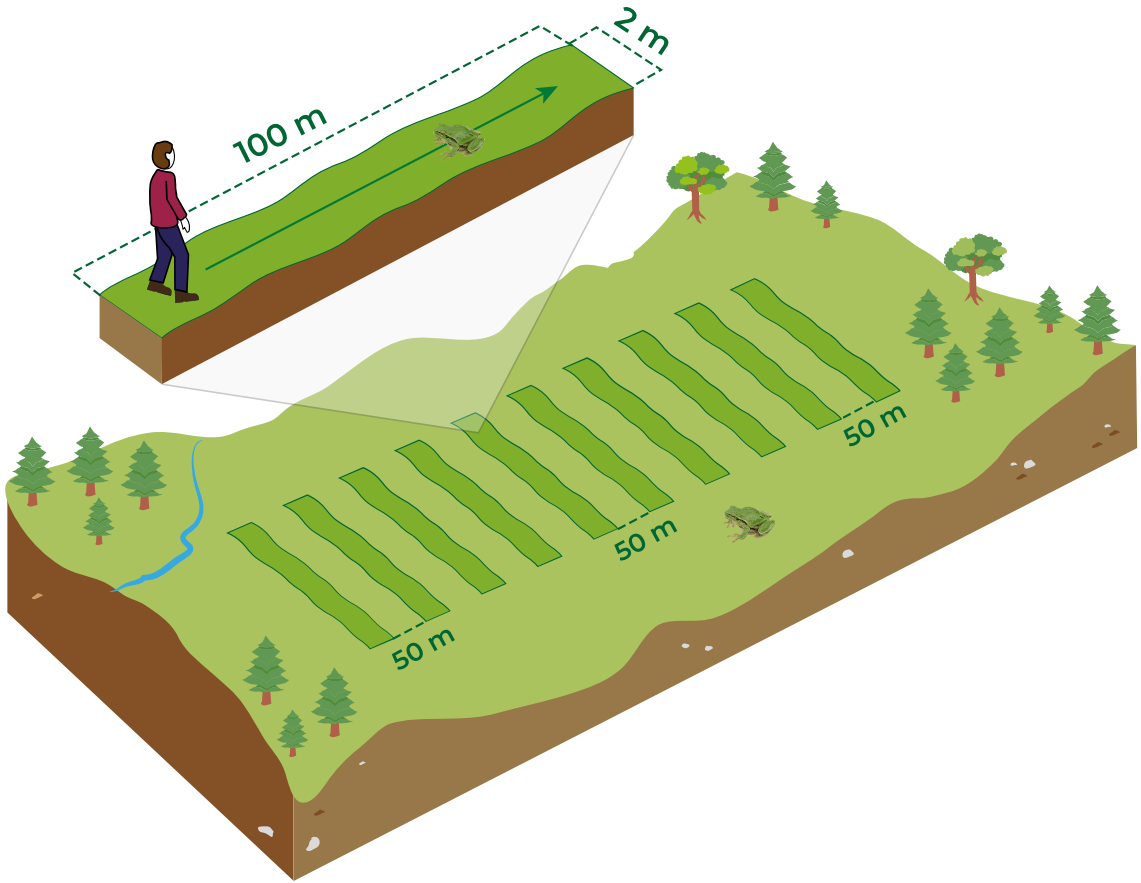
El manejo de serpientes venenosas requiere de múltiples precauciones y experiencia. Se sugiere no manipular reptiles de importancia médica y contar con sueros antiviperinos que puedan ser aplicados en caso de accidentes. Asimismo, se recomienda no realizar colecta de individuos, siempre se podrá tomar el número de fotos necesarias para la identificación posterior.

Establezca de manera aleatoria transectos rectos de 100 m de longitud y 2 m de ancho en zonas de fácil acceso y abiertas, o de 50 x 2 m para zonas de difícil acceso y agrestes, separados por lo menos por 50 m de distancia uno del otro.

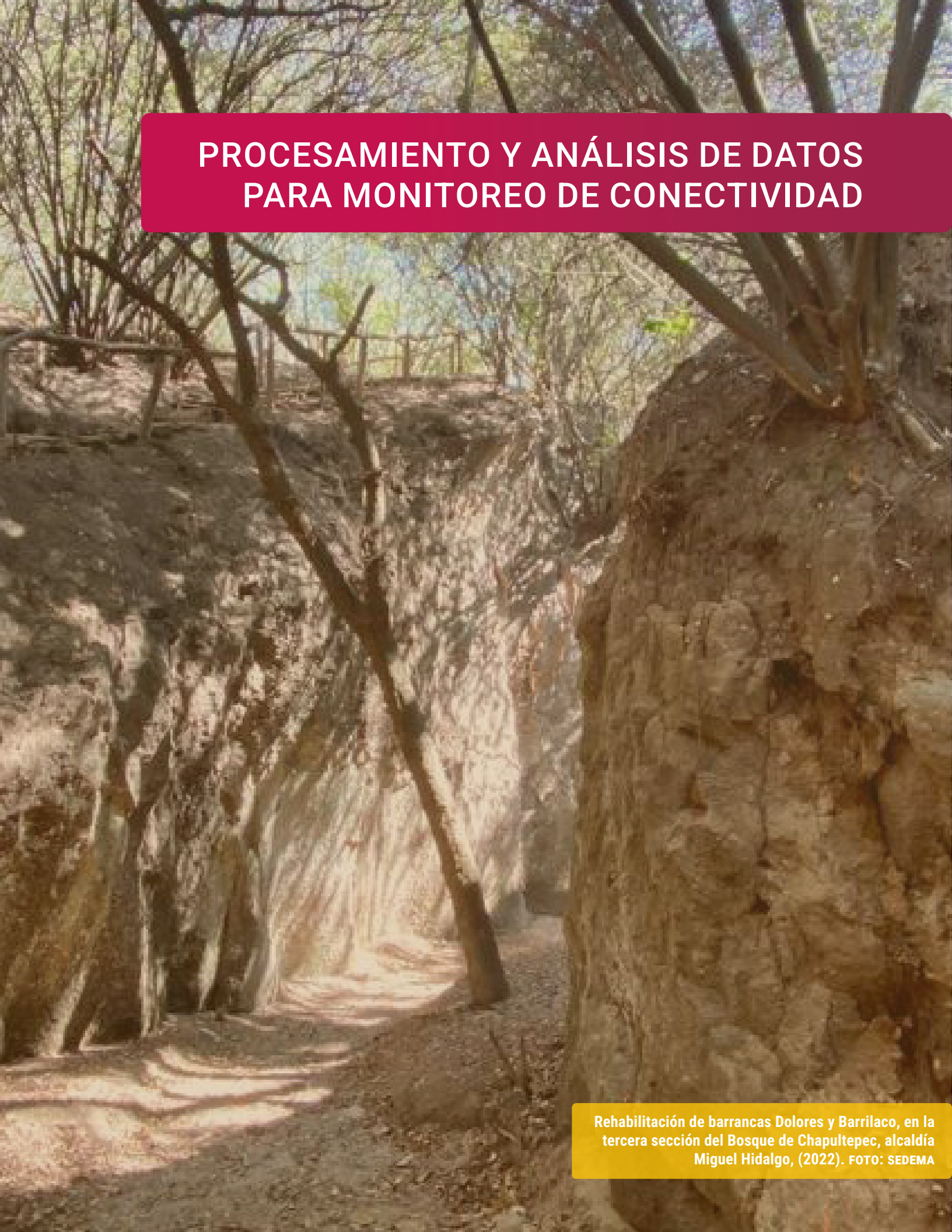
Recorra los transectos a una velocidad constante e intente detectar la presencia de individuos o grupos de anfibios y reptiles. Se contabilizarán

todos los individuos escuchados y observados, y si es posible realice registros fotográficos para facilitar la determinación taxonómica. Estos transectos estarán perpendiculares a los sitios de desplazamiento del equipo de trabajo. El tiempo de monitoreo será de 45 minutos tanto por la mañana como por la noche. Registre los datos (Anexo I. Formato de campo- Anfibios y reptiles [página 79]).

Figura 18. Disposición de transectos para monitoreo de anfibios y reptiles. Fuente: Botello et al., 2022.



PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS PARA MONITOREO DE CONECTIVIDAD



Rehabilitación de barrancas Dolores y Barrilaco, en la tercera sección del Bosque de Chapultepec, alcaldía Miguel Hidalgo, (2022). FOTO: SEDEMA

Para procesar y analizar los datos de monitoreo, la siguiente sección se dividirá en dos: análisis para métodos de observación de especies y análisis para métodos de captura-recaptura.

Análisis para métodos de observación de especies

Estos análisis se usarán para los métodos que no requieren captura de individuos. Sin embargo, al no poder identificarlos, los resultados de conectividad se miden de manera indirecta por presencia de especies en diferentes sitios.

Procesamiento de datos

Revisión de datos de campo: Se organiza la información obtenida en campo en función de la fecha y ubicación de cada punto de conteo/transecto/cámara trampa.

Conversión a datos de detección: Se genera una matriz de presencia/ausencia o de observación:

Transecto/ Punto de conteo/ Cámara trampa	Especie 1	Especie 2	Especie 3
1	3	0	5
2	2	4	1

Análisis de datos

Índice de Riqueza Compartida

$$S = \frac{\text{Especies compartidas}}{\text{Promedio de especies en ambos sitios}}$$

- Valores **cercanos a 1** indican **alta conectividad entre hábitats**.
- Valores **cercanos a 0** indican **aislamiento**.

Ejemplo:

Sitio 1: 10 especies detectadas

Sitio 2: 12 especies detectadas

Especies compartidas entre sitios: 7

$$S = \frac{7}{\left(\frac{10 + 12}{2}\right)} = 0.64$$

- S cercano a 1- Alta conectividad (comparten muchas especies).
- S bajo- Baja conectividad (los sitios tienen especies diferentes).

Índice de Jaccard

Evalúa qué tan similares son las comunidades entre sitios.

Donde:

A= Especies en común entre dos sitios

B= Especies únicas del sitio 1.

C= Especies únicas del sitio 2.

$$J = \frac{A}{A + B + C}$$

- Valores cercanos a 1 indican alta conectividad entre hábitats.
- Valores cercanos a 0 indican aislamiento.

Ejemplo:

Sitio 1: Especies = {Cacomixtle, conejo, tlacuache, ardilla}

Sitio 2: Especies = {Cacomixtle, conejo, tlacuache, ratón piñonero}

$$J = \frac{3}{(3 + 1 + 1)} = 0.6$$

- J cercano a 1- Sitios bien conectados.
- J bajo- Poca conectividad entre sitios.

Índice de Conectividad Simple

Se basa en el número de especies compartidas entre transectos.

$$IC = \frac{\Sigma \text{Especies compartidas entre sitios}}{\Sigma \text{Especies totales registradas}}$$

- Un IC alto indica que los fragmentos están bien conectados y hay flujo de especies.
- Un IC bajo indica que existe fragmentación.

Ejemplo:

Sitio 1: 10 especies detectadas.

Sitio 2: 12 especies detectadas.

Especies compartidas entre sitios: 7

$$IC = \frac{7}{18} = 0.38$$

- IC cercano a 1- Alta conectividad
- IC bajo- Sitos aislados.

Índice de Recaptura Entre Sitios

Cuando hay individuos marcados y se pueden identificar sin necesidad de recaptura a partir del monitoreo por puntos de conteo/transectos/cámaras trampa, este índice mide cuántos individuos son detectados en más de un sitio.

$$IC = \frac{\text{Número de individuos en múltiples sitios}}{\text{Total de individuos detectados}}$$

- Un IC alto indica que los fragmentos están bien conectados y hay flujo de especies.
- Un IC bajo indica que existe fragmentación.

Ejemplo:

20 individuos identificados

8 individuos detectados en múltiples sitios

IC = $\frac{8}{20} = 0.4$

- IC cercano a 1- Alta conectividad
- IC bajo- Sitios aislados

Análisis para métodos de captura-recaptura

En cuanto a los métodos de captura-recaptura, el análisis de conectividad podrá ser más directo al tener datos de movimiento de individuos entre sitios.

Procesamiento de datos

Organización de datos. Para cada individuo capturado, se registran datos clave como:

- ID del individuo
- Fecha de captura y recaptura
- Coordenadas
- Características individuales (sexo, edad, condición física)

ID individuo	Fecha	Sitio	Coordenadas	Recaptura (si/no)
A001	2025-02-10	S1	(19.432, -99.133)	No
A002	2025-02-11	S2	(19.440, -99.140)	Si
A001	2025-02-15	S3	(19.450, -99.150)	Si

Creación de matriz de captura. Se construye una matriz de captura-recaptura con presencia (1) o ausencia (0) en cada sesión de muestreo.

ID individuo	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3
A001	1	0	1
A002	0	1	1

- 1 = Individuo detectado en la sesión.
- 0 = No detectado en la sesión.

Análisis de datos

Índice de Recaptura Entre Sitios

Mide la proporción de individuos recapturados en diferentes sitios.

IC = $\frac{\text{Número de individuos recapturados en diferentes sitios}}{\text{Total de individuos recapturados}}$

- IC alto (cercano a 1) - Alta conectividad, los individuos se mueven libremente.
- IC bajo (cercano a 0) - Baja conectividad, hay barreras en el paisaje.

Ejemplo:

20 individuos recapturados

8 individuos recapturados en diferentes sitios

IC = $\frac{8}{20} = 0.4$

- IC cercano a 1- Alta conectividad
- IC bajo- Sitos aislados.

Distancia Media Recorrida

Se calcula a partir de las coordenadas de cada recaptura.

$$DMR = \frac{\sum \text{Distancia entre recapturas}}{\text{Número de individuos recapturados}}$$

- **DMR alta** - Indica que los individuos pueden desplazarse grandes distancias.
- **DMR baja** - Puede sugerir barreras de conectividad.

Ejemplo:

Distancia entre sitios de recaptura

Individuo 1: 1 km

Individuo 2: 2.5 km

Individuo 3: 3 km

$$DMR = \frac{(1 + 2.5 + 3)}{3} = 2.17 \text{ km}$$

- **DMR alto** - **Movilidad** sin restricciones
- **DMR bajo** - Posible **aislamiento**

Probabilidad de Movimiento (Modelo Cormack-Jolly-Seber - cjs)

Estima la probabilidad de supervivencia y movimiento entre sitios. Es un modelo de captura-recaptura abierto que se usa para estimar la probabilidad de supervivencia (Φ) y la probabilidad de reencuentro (p) de los individuos en un estudio de monitoreo. Es útil para analizar la conectividad, ya que permite evaluar si los individuos se están moviendo entre sitios.

Supuestos del modelo cjs

- La población es abierta (nacimientos, muertes e inmigración pueden ocurrir).
- No hay pérdida de marcas (o se identifica correctamente cada individuo).

- La probabilidad de detección (p) puede variar en el tiempo.
- Cada individuo tiene la misma probabilidad de ser detectado en cada sesión de muestreo.

El modelo usa una matriz de captura-recaptura donde cada fila representa un individuo y cada columna una sesión de muestreo.

ID individuo	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
A001	1	0	1	1
A002	0	1	1	0
A003	1	1	0	0

1 = Individuo detectado en la sesión.

0 = No detectado en la sesión.

El modelo se ajusta en el software R (paquete RMark).

Los parámetros clave que se obtienen son:

- **Φ (supervivencia aparente)**- Probabilidad de que un individuo permanezca en la población entre sesiones. Un valor alto indica que la población es estable. Si es bajo, puede significar que los individuos están saliendo del área de estudio (fragmentación del hábitat).
- **p (probabilidad de recaptura)**- Probabilidad de detectar a un individuo si está presente. Un valor bajo puede indicar problemas de muestreo y debe aumentar el esfuerzo.

Una **probabilidad alta** sugiere que los individuos tienen **acceso** a distintos sitios.

Una **probabilidad baja** indica **aislamiento** poblacional.

Ejemplo:

Después de aplicar el modelo en RMark, obtenemos:

- $\Phi = 0.85$ (supervivencia aparente alta).
- $p = 0.4$ (probabilidad de detección moderada).

Interpretación:

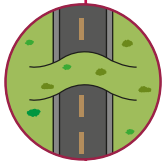
- Φ alto y p bajo - **Población estable pero difícil de detectar** (mejorar esfuerzo de monitoreo).
- Φ bajo y p alto - **Posible fragmentación** (individuos están saliendo del área).

Recomendaciones



Si los índices sugieren baja conectividad:

- Restaurar corredores ecológicos.
- Crear pasos de fauna (en carreteras, ríos).
- Asegurar continuidad de hábitats.



Si los índices muestran alta conectividad:

- Mantener y proteger las áreas conectadas.
- Implementar monitoreo a largo plazo.





BIBLIOGRAFÍA

- Arizmendi, M. D. C. (2001). Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology*, 79(6), 997-1006.
- Beebee, T. J., & Griffiths, R. A. (2005). The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology?. *Biological conservation*, 125(3), 271-285.
- Botello, F., Vázquez-Camacho, C., Mayani-Parás, F., Vega-Orihuela, M. E., y Morales-Díaz, S. (2022). *Protocolo para el monitoreo ecosistémico de bosques y selvas en áreas naturales protegidas*. Instituto de Biología, UNAM, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, Conservación Biológica y Desarrollo Social. A. C.
- Cano-Santana, Z. (1994). Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófito. *Tesis doctoral*. Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado, Colegio de Ciencias y Humanidades y Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México 198 pp.
- Comisión Nacional Forestal. (2017). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimientos de muestreo*. Zapopan, Jal., México: CONAFOR.
- Crooks, K. R., y Sanjayan, M. (Eds.). (2006). *Connectivity conservation* (Vol. 14). Cambridge University Press.
- Farías, A. (2019). Captura y manejo de mamíferos medianos y grandes en el campo. *Experimentación con animales no tradicionales en Uruguay*, 155 pp.
- Flores-Villela, O. y García-Vázquez, U. O. (2014). Biodiversidad de Reptiles en México. *Rev. Mex. Biodivers*, 85, 31.
- FMCN, CONAFOR, USAID Y USFS (2018). *Manual para muestrear la vegetación en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas*, BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios, Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México.
- Gardner, T.A.; Barlow, J.; Peres, C.A. (2007). Paradox, Presumption and Pitfalls in Conservation Biology: The Importance of Habitat Change for Amphibians and Reptiles. *Biol. Conserv.* 138, 166–179.

- Gill, F. y Donsker, D. (eds.). (2013). ioc World Bird Names (version 3.4). <http://www.worldbirdnames.org/>; última consulta: 5.X.2013
- GODF, 2024. (2024). *Ley Ambiental de la Ciudad de México*. Publicada en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México, el 18 de julio de 2024. https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/1640aead568985b08f3c4aca9ac2d6f6.pdf
- González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R. G., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M. V., y Uvalle-Sauceda, J. I. (2010). Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*, (29), 91-106.
- Hernández-Romero, P. C., Von Thaden Ugalde, J. J., Muench, C. E., Magaña Rodríguez, D., del Coro Arizmendi, M., Botello, F., & Prieto-Torres, D. A. (2024). Species richness and ecological connectivity of the mammal communities in urban and peri-urban areas at Mexico City. *Urban Ecosystems*, 1-14.
- Herrera-Juárez, M. I., Benítez Inzunza, E., Cano, I., et al. 2024. Perfil de la Ciudad de México. pp. 20-88, En: *Índice de Biodiversidad Urbana de la Ciudad de México*. SEDEMA.
- Kenward, R. E. (2000). *A manual for wildlife radio tagging*. Academic press.
- Klein, A. M., Müller, C., Hoehn, P., & Kremen, C. (2009). Understanding the role of species richness for crop pollination services. *Biodiversity, ecosystem function and human wellbeing*. New York, 195-208.
- Kunz, T. H. (1988). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*.
- Landres, P. B., Verner, J., & Thomas, J. W. (1988). Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation biology*, 2(4), 316-328.
- Lepczyk, C. A., Aronson, M. F., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., & MacIvor, J. S. (2017). Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. *BioScience*, 67(9), 799-807.
- Lindenmayer, D. B., Margules, C. R., & Botkin, D. B. (2000). Indicators of

biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation biology*, 14(4), 941-950.

- Löfvenhaft, K., Runborg, S., & Sjögren-Gulve, P. (2004). Biotope patterns and amphibian distribution as assessment tools in urban landscape planning. *Landscape and urban planning*, 68(4), 403-427.
- Magioli, M., Ferraz, K. M. P. M. D. B., Setz, E. Z. F., Percequillo, A. R., Rondon, M. V. D. S. S., Kuhnen, V. V., ... & Rodrigues, M. G. (2016). Connectivity maintain mammal assemblages functional diversity within agricultural and fragmented landscapes. *European journal of wildlife research*, 62, 431-446.
- Martínez-Ferreira, S. R., Alvarez-Añorve, M. Y., Bravo-Monzón, A. E., Montiel-González, C., Flores-Puerto, J. I., Morales-Díaz, S. P., ... & Avila-Cabadilla, L. D. (2020). Taxonomic and functional diversity and composition of bats in a regenerating neotropical dry Forest. *Diversity*, 12(9), 332.
- Martínez-Ramos, M. (2008). Grupos funcionales, en *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México. 365-412.
- Mayani-Parás, F., Moreno, C. E., Escalona-Segura, G., Botello, F., Munguía-Carrara, M., & Sánchez-Cordero, V. (2023). Classification and distribution of functional groups of birds and mammals in Mexico. *Plos one*, 18(11), e0287036.
- Miguët, P., Jackson, H. B., Jackson, N. D., Martin, A. E., & Fahrig, L. (2016). What determines the spatial extent of landscape effects on species?. *Landscape ecology*, 31, 1177-1194 pp.
- Morales-Díaz, S. P., Alvarez-Añorve, M. Y., Zamora-Espinoza, M. E., Dirzo, R., Oyama, K., & Avila-Cabadilla, L. D. (2019). Rodent community responses to vegetation and landscape changes in early successional stages of tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 433, 633-644 pp.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetataion ecology*. John Wiley & Sons. Nueva York, EUA.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Townsend Peterson, A., Berlanga-García, H., & Sánchez-González, L. A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, S476-S495.

• NABC. North American Banding Council. (2003). *Guía de estudio del anillador de Norteamérica*.

• Ofori, B. Y., Garshong, R. A., Gbogbo, F., Owusu, E. H., & Attuquayefio, D. K. (2018). Urban green area provides refuge for native small mammal biodiversity in a rapidly expanding city in Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 1-11.

• Ortega-Álvarez, R., Sánchez-González, L. A., Rodríguez-Contreras, V., Vargas-Canales, V. M., Puebla-Olivares, F., & Berlanga, H. (2012). Birding for and with people: Integrating local participation in avian monitoring programs within high biodiversity areas in southern Mexico. *Sustainability*, 4(9), 1984-1998.

• Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., & Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 460-466.

• Peng, J., Zhao, H., & Liu, Y. (2017). Urban ecological corridors construction: A review. *Acta Ecologica Sinica*, 37(1), 23-30.

• Pérez-Laorga, E., Alguacil, F., & Montero, J. L. (2001). Distribución y características de la población del muérdago (*Viscum album austriacum*) en la comunidad valenciana. *Valencia, España: Conselleria de Medio Ambiente*.

• Powell, R. A., & Proulx, G. (2003). Trapping and marking terrestrial mammals for research: integrating ethics, performance criteria, techniques, and common sense. *ILAR Journal*, 44(4), 259-276.

• Sarmiento-Sánchez, A., Murillo-García, Segundo-Sánchez, E., Sánchez-García, A., García-Medina, E., Nava-Moreno, M., Gutiérrez-Morales, L., García-García, J., Vázquez-Espinosa, O., Gutiérrez-Núñez, Şekercioğlu, C. H., Daily, G. C. y Ehrlich, P. R. (2004). Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 18042-18047.

• SEDEMA (2023). *Programa Especial de la Red de Infraestructura Verde de la Ciudad de México*. Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. Consultado en: https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGSAN_PAVA/ProgramaEspecialdeInfraestructuraVerde_CDMX.pdf

• Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S., Fischman,

D. L., & Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786.

• Tomblin, D. C., & Adler, G. H. (1998). Differences in habitat use between two morphologically similar tropical forest rodents. *Journal of Mammalogy*, 79(3), 953-961.

• Lagos, N., & Villalobos, R. (2012). Técnicas de estudios de carnívoros terrestres. Los Carnívoros de Chile (A. Iriarte & F. Jaksic, eds.). *Ediciones Flora y Fauna Chile y CASEB Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago*.

• Weiss, K. C., & Ray, C. A. (2019). Unifying functional trait approaches to understand the assemblage of ecological communities: synthesizing taxonomic divides. *Ecography*, 42(12), 2012-2020.

• Young, H. S., Dirzo, R., Helgen, K. M., McCauley, D. J., Billeter, S. A., Kosoy, M. Y., ... & Dittmar, K. (2014). Declines in large wildlife increase landscape-level prevalence of rodent-borne disease in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(19), 7036-7041.

• Zattara, E. E., & Aizen, M. A. (2021). Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4(1), 114-123.

“Carnaval por las Aguas”, actividades culturales sobre el cuidado y protección de espacios verdes y ríos en las barrancas en la ciudad; barrancas Tarango y Eslava, alcaldía Álvaro Obregón, (2023). FOTO: SEDEMA

[illegible]**Formato de campo- MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES**[illegible]

Formato de campo- MAMÍFEROS PEQUEÑOS - ROEDORES[illegible]**Formato de campo- MAMÍFEROS PEQUEÑOS - MURCIÉLAGOS**[illegible]

Formato de campo- AVES

[illegible]

Formato de campo- ANFIBIOS Y REPTILES

[illegible]

[illegible][illegible]



Creación de espacios recreativos para la comunidad, en barranca de Colores en Tarango, alcaldía Álvaro Obregón, (2023). FOTO: SEDEMA

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), Vo. Bo., y al Proyecto Bioconnect II por el impulso de la guía.

Un agradecimiento especial a Luis Alberto Molina y la brigada forestal de prevención y combate de incendios forestales TECOLOTES por su apoyo en campo, así como a Fabiola Luna y Alexia del Río.



CIUDAD DE MÉXICO
CAPITAL DE LA TRANSFORMACIÓN

SECRETARÍA DEL
MEDIO AMBIENTE

