

A L T O Z A N O

L A N U E V A M O R E L I A



DTU

MODALIDAD A

CAPÍTULO XVII.

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS
METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS
QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA
EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

PROYECTO:

**CAMBIO DE USO DE SUELO EN
TERRENOS FORESTALES PARA
EL FRACCIONAMIENTO
BOSQUE MONARCA.**

SEGA

PLANEACIÓN Y DESARROLLO



ÍNDICE

XVII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.....	9
XVII.1 CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL (CHF)	9
XVII.2 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN A NIVEL DE LA CUENCA HIDROLÓGICA FORESTAL.....	12
XVII.2.1 Elección del sistema de muestreo	13
XVII.2.2 Representatividad del esfuerzo de muestreo	18
XVII.2.3 Tamaño y forma de los sitios de muestreo.....	22
XVII.2.4 Análisis de la información	25
XVII.3 METODOLOGÍA DE MUESTREO DE FAUNA A NIVEL DE LA CUENCA HIDROLÓGICA FORESTAL	29
XVII.3.1 Transecto en franja.....	30
XVII.3.2 Metodología para registro de Herpetofauna.....	32
XVII.3.3 Metodología para registro de Mastofauna.....	33
XVII.3.4 Metodología para registro de Avifauna	40
XVII.3.5 Tamaño de muestra para la CHF.....	44
XVII.3.6 Trabajo de gabinete.....	47
XVII.4 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN A NIVEL DE DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES.....	49
XVII.4.1 Elección del sistema de muestreo	49
XVII.4.2 Intensidad de muestreo	54
XVII.4.3 Análisis de la información	59

XVII.5 METODOLOGÍA DE MUESTREO DE FAUNA A NIVEL DEL ÁREA DEL PROYECTO	62
XVII.5.1 Transecto en franja.....	63
XVII.5.2 Metodología para registro de Herpetofauna.....	65
XVII.5.3 Metodología para registro de Mastofauna.....	66
XVII.5.4 Metodología para registro de Avifauna	73
XVII.5.5 Tamaño de muestra para el AP	77
XVII.5.6 Trabajo de gabinete.....	80
XVII.6 ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA CUENCA HIDROLÓGICA FORESTAL.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla XVII—1. Coordenadas UTM Zona 14 N de los sitios de muestreo de la Cuenca Hidrológica Forestal (CHF)	16
Tabla XVII—2. Resultados de los estimadores no paramétricos de riqueza potencial utilizados para la CHF del proyecto	20
Tabla XVII—3. Eficiencia del esfuerzo de muestreo en la CHF delimitada para el proyecto	22
Tabla XVII—4. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas para registro de mamíferos en la CHF.....	38
Tabla XVII—5. Transectos utilizados para el muestreo de fauna silvestre en la CHF	45
Tabla XVII—6. Coordenadas UTM Zona 14 N de los sitios de muestreo en las superficies de CUSTF.....	50
Tabla XVII—7. Resultados de los estimadores no paramétricos de riqueza potencial utilizados para las superficies de CUSTF.....	52
Tabla XVII—8. Eficiencia del esfuerzo de muestreo mediante estimadores no paramétricos calculada en las superficies de CUSTF	53
Tabla XVII—9. Intensidad de muestreo dentro de las superficies requeridas para el desarrollo de CUSTF	55
Tabla XVII—10. Cálculo de los parámetros estadísticos para estimar la intensidad de muestreo.....	55
Tabla XVII—11. Resultados de los parámetros estadísticos calculados para el bosque de encino para la estimación de la intensidad de muestreo	56
Tabla XVII—12. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas para registro de mamíferos en el AP	71
Tabla XVII—13. Transectos utilizados para el monitoreo de fauna silvestre en el AP.....	77
Tabla XVII—14 Clasificación de los rangos de erosión hídrica, aplicando la ecuación RUSLE, para la interpretación de los mapas	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura XVII—1. Delimitación de la CHF por Microcuencas	11
Figura XVII—2. Ubicación de los sitios de muestreo a nivel de la CHF	17
Figura XVII—3. Curva de acumulación de especies observadas e intervalos de confianza al 95% para la CHF	21
Figura XVII—4. Curva de acumulación de especies observadas y esperadas para la CHF mediante estimadores no paramétricos	22
Figura XVII—5. Métodos de muestreo utilizados para el levantamiento de datos dasométricos	25
Figura XVII—6. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja	31
Figura XVII—7. Red de niebla instalada a nivel de sotobosque (tomado de Nagorsen y Peterson, 1980)	35
Figura XVII—8. Secuencia de extracción de un murciélago de la red	37
Figura XVII—9. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas utilizadas para registro de mamíferos en la CHF	39
Figura XVII—10. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de campo en la CHF	46
Figura XVII—11. Ubicación de los puntos de muestreo realizados dentro del área destinada para el CUSTF	51
Figura XVII—12. Curva de acumulación de especies observadas e intervalos de confianza al 95% para las superficies de CUSTF	53
Figura XVII—13. Curva de acumulación de especies registradas y estimadas para las superficies de CUSTF mediante estimadores no paramétricos	54
Figura XVII—14. Método de muestreo para el levantamiento de información de campo para la CHF y para las superficies de CUSTF	58
Figura XVII—15. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja	63

Figura XVII—16. Red de niebla instalada a nivel de sotobosque (tomado de Nagorsen y Peterson, 1980)	68
Figura XVII—17. Secuencia de extracción de un murciélago de la red	70
Figura XVII—18. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas utilizadas para registro de mamíferos en el AP	72
Figura XVII—19. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de campo en el AP	79

FUNDAMENTO JURÍDICO

La integración de este capítulo tiene por objeto dar cumplimiento a lo dispuesto por el “ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan”, en cuyo artículo Primero establece lo siguiente:

Primero. *Se establecen los trámites unificados de aprovechamiento forestal y de cambio de uso de suelo forestal, este último en sus modalidades A y B ...*

El presente trámite único se presenta en su modalidad A con fundamento en lo dispuesto por la fracción IV del Artículo Segundo y conteniendo la información señalada por el Artículo Sexto del Acuerdo en cuestión, los cuales a letra dicen:

Segundo. *Para los efectos del presente Acuerdo se entenderá por:*

...

IV. *Trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad A: es el que integra en un solo procedimiento administrativo el trámite relativo a la autorización en materia de impacto ambiental para las obras o actividades descritas sólo en la fracción VII del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y el correspondiente a la autorización de cambio de uso de suelo forestal previsto en el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.*

...

Sexto. *El documento técnico unificado correspondiente al trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal modalidad A, contendrá la información indicada en los artículos 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (actualmente Artículo 93 de Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018).y 121 de su Reglamento (actualmente Artículo 141 del Nuevo reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 2020), así como la señalada en el artículo 12, fracciones I, III, V y VIII, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental”.*

Con base en lo anterior el presente capítulo se centrará en dar cumplimiento a lo dispuesto por la Fracción VIII del Artículo 12 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que dictamina lo siguiente:

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores

...

De conformidad con el artículo anterior del Reglamento de la LGEEPA, en este apartado se presentan las distintas metodologías y elementos técnicos comúnmente utilizados por la comunidad científica del país, para sustentar los resultados del presente DTU-A, tales como:

- Delimitación de la Cuenca Hidrológica Forestal: a través del método de Hidroprocesamiento.
- Inventario Ambiental de Flora y Fauna.
- Identificación de Usos de Suelo y Vegetación.
- Descripción y Caracterización de Flora y Fauna, y
- Ecuación Universal de Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica.

XVII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

XVII.1 CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROLÓGICO-FORESTAL (CHF)

La delimitación de la CHF se dio a nivel de microcuenca (Figura XVII), ya que son las unidades funcionales que mejor reflejan el espacio de atención integral en el que se presentan los procesos naturales que permiten el funcionamiento de la zona, y en las que se contendría el área de afectación de los potenciales impactos ambientales derivados del Proyecto.

Por consiguiente, se realizó un estudio de hidroprocesamiento para delimitar la CHF. El hidroprocesamiento puede definirse como: “La metodología automatizada que permite el fácil y preciso trazado de escurrimientos superficiales y delimitación de Cuencas, Microcuencas y hasta Nanocuencas empleando Modelos Digitales del Terreno (MDT) y diferentes algoritmos, en los cuales se encuentra la determinación de patrones de acumulación de flujos superficiales” (ESRI, 2000). Tiene por objetivo conocer los caudales generados mediante las escorrentías superficiales, así como la delimitación de las áreas de terreno en donde éstas hacen su aporte hídrico. Estos caudales se emplean, desde la óptica de los estudios y procesos ambientales, como una unidad al tomar la cuenca hidrológica como base para delimitar un sistema.

Fundado en lo anterior, se emplearon las herramientas de hidrología “Hydrology Tools” de la extensión ArcGIS Spatial Analyst para realizar el trazado de las escorrentías de las microcuencas de la CHF. Hydrology Tools se utiliza para describir los componentes físicos y modelar el flujo de agua a través de una superficie. Estas herramientas permiten identificar sumideros, determinar la dirección de flujo, calcular la acumulación de flujo, delinear cuencas microcuencas y nanocuencas hidrográficas y crear redes de corrientes, haciendo posible la

generación de un modelo geo-espacial y de datos para recursos hídricos. Un modelo de datos es distinto de un modelo de simulación ya que provee un marco normalizado para almacenar la información.

Hydrology Tools, por consiguiente, provee los medios para conectar modelos de simulación a través de un sistema de almacenamiento de datos común, lo que facilita la tarea de determinación de patrones de acumulación superficial, trazado de escurrimientos y delimitación de Cuencas, microcuencas y nanocuencas a partir de un Modelo Digital de Elevaciones (MDT). Derivado de lo anterior podemos concluir que Hydrology Tools es ideal para aplicaciones de recursos hídricos.

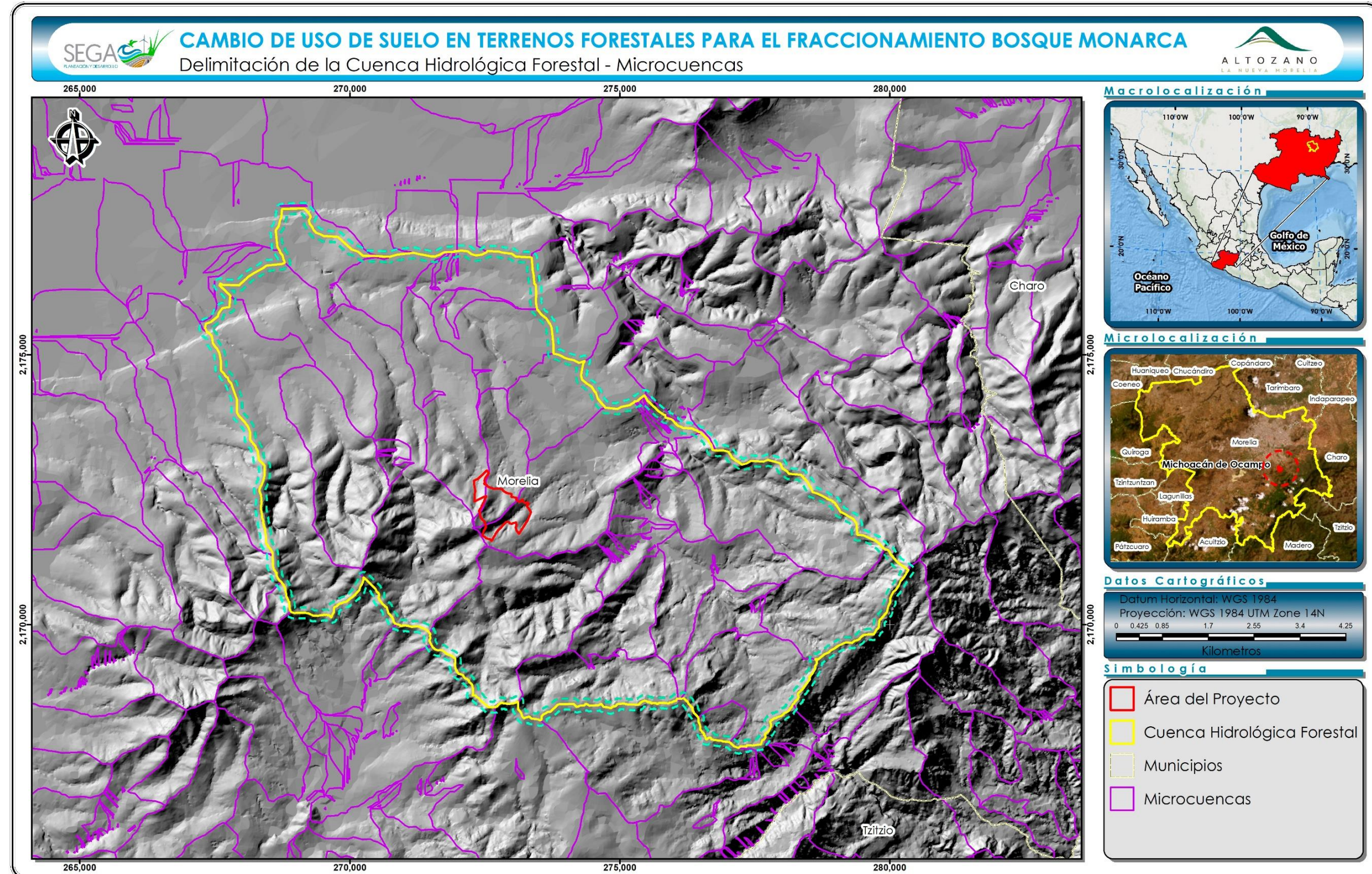


Figura XVII—1. Delimitación de la CHF por Microcuencas

XVII.2 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN A NIVEL DE LA CUENCA HIDROLÓGICA FORESTAL

Para determinar los diferentes usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan en la CHF definida para el proyecto, se consideraron los siguientes pasos:

1. Revisión de información en la Cuenca Hidrológica Forestal (CHF): Utilizando la CHF delimitada para el presente proyecto, se realizó en primera instancia una clasificación de usos de suelo y/o vegetación con base en la información vectorial que reporta la Serie VII de INEGI (INEGI, 2021).
2. Recorridos de corroboración dentro de la CHF: Se realizaron recorridos en campo, apoyados de un GPS Garmin marca 62s por la superficie de la CHF para confirmar y determinar la existencia o no de diferentes asociaciones vegetales y usos de suelo (Clasificación supervisada).
3. Clasificación final de Uso de Suelo y Vegetación de la CHF: Se sobrepusieron los usos de suelo y/o vegetación que reporta la Serie VII de INEGI para la CHF con los recorridos de campo y, apoyados en una imagen de satélite de alta resolución, se realizó una clasificación final de las asociaciones vegetales y los usos de suelo existentes en la CHF.
4. Levantamiento de información en campo: Una vez identificadas las superficies que ocupa cada uno de los usos de suelo y vegetación presentes en la CHF, se levantaron al azar sitios de muestreo circulares de 17.84 m de radio (0.1 ha) en campo, para obtener información sobre las características de la estructura y composición de cada uno de los usos de suelo identificados como forestales. Para cuantificar la vegetación arbustiva y herbácea en cada sitio de muestreo se utilizaron cuadros empotrados de 4x4 m para medir la vegetación arbustiva y de 1x1 m para la vegetación

herbácea (las características del muestreo en campo se detallan más adelante). Para los usos no forestales, únicamente se realizaron recorridos prospectivos para la identificación de aquellos individuos vegetales que pudieran estar presentes (especies ruderales, aisladas o remanentes) y se tomó registro fotográfico de cada uso de suelo identificado.

XVII.2.1 Elección del sistema de muestreo

En los estudios ecológicos, el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que determina el éxito potencial de un experimento y representa la base para el eventual análisis e interpretación precisa de los datos (Ramírez, 2006). De manera que, para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Por lo tanto, la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística (Balzarini *et al.*, 2011). La representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

A su vez, el tipo de muestreo y diseño determinan el análisis estadístico que será utilizado en el estudio (Balzarini *et al.*, 2011; Mostacedo y Fredericksen, 2000). No obstante, antes de pensar en el diseño y forma de muestreo, se requiere comprender las diferencias entre los conceptos: muestras y poblaciones. De acuerdo con Ramírez (2006), una población es la unidad de la cual se quiere obtener cierta información, mientras que una muestra es una porción de la población que es seleccionada por el investigador, a partir de la cual se busca inferir información de la población en su conjunto.

Para los estudios ecológicos y forestales se han propuesto diversos tipos de muestreo que son simples de utilizar y con los que se obtienen resultados confiables, tales como: muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado

y muestreo sistemático (Balzarini *et al.*, 2011; Mostacedo y Fredericksen, 2000; Ramírez, 2006).

1. Muestreo aleatorio simple: Es el esquema de muestreo más sencillo de todos y de aplicación más general. Este tipo de muestreo se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información previa acerca de las características de la población.

2. Muestreo aleatorio estratificado: En este tipo de muestreo la población en estudio se separa en subgrupos o estratos que tienen cierta homogeneidad, después de la separación, dentro de cada subgrupo se debe hacer un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de la información que permite subdividir a la población.

3. Muestreo sistemático: Consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio. Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. Sin embargo, no se puede tener una estimación exacta de la precisión de la media de la variable considerada. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Una ventaja de este tipo de muestreo, a diferencia del muestreo aleatorio, es que se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio, y la aplicación del diseño es más rápida.

Con base en los sistemas de muestreo expuestos, la información que presenta INEGI (Serie VII INEGI, 2021) y aquella obtenida a partir de imágenes satelitales, se cuenta con información previa de los usos de suelo y vegetación presentes en la CHF del proyecto. Por lo tanto, es posible determinar que el diseño de muestreo más adecuado para esta información es el denominado “aleatorio estratificado”, dado que se puede subdividir a la población (comunidades vegetales) conforme a los diferentes tipos de vegetación, de acuerdo con las características ecológicas y florísticas que los diferencian. Así, este tipo de muestreo será dirigido sobre

aquellas superficies de la CHF cubiertas con vegetación forestal con características florísticas y estructurales homogéneas, ya que es perfectamente aplicable por las siguientes razones:

1. Se cuenta con información previa del uso de suelo y vegetación presentada por INEGI Serie VII, la cual fue corregida a detalle mediante una imagen de satélite de alta resolución y los datos colectados de los recorridos de campo realizados para la definición de la CHF del proyecto. De manera que, previo a la elección del diseño de muestreo, se tuvo conocimiento de las asociaciones vegetales presentes en la CHF, lo que permitió clasificarlas con base en su similitud en parámetros estructurales y de composición.
2. Con la estratificación de los usos de suelo y/o vegetación, el diseño propuesto implica el registro de información únicamente de aquellas superficies cubiertas por asociaciones vegetales, evitando un esfuerzo de muestreo mayor o en áreas en las cuales de antemano se sabe que no existe información a recopilar.
3. El hecho de aleatorizar los puntos de colecta en cada estrato definido, garantiza un menor error de muestreo debido a que permite capturar una mayor variabilidad de información por estrato, a la vez que disminuye el sesgo generado al elegir *a priori* cada punto sin conocimiento previo al inicio de los trabajos de levantamiento de información en campo, como ocurre con el muestreo sistemático o dirigido.

En la Tabla XVII—1 y en la Figura XVI—2 se presentan las coordenadas UTM y la ubicación de los sitios de muestreo de la CHF donde se levantó la información de campo.

Tabla XVII—1. Coordenadas UTM Zona 14 N de los sitios de muestreo de la Cuenca Hidrológica Forestal (CHF)

Sitio	X	Y	Vegetación y/o Uso de Suelo
1	274,581	2,171,954	Bosque de Encino
2	273,708	2,170,279	Bosque de Encino-Pino
3	272,535	2,171,458	Bosque de Encino
4	271,561	2,171,570	Bosque de Encino
5	269,293	2,170,974	Bosque de Encino
6	273,126	2,170,255	Bosque de Encino-Pino
7	277,314	2,169,571	Bosque de Encino-Pino
8	276,091	2,173,267	Bosque de Encino
9	275,381	2,170,330	Bosque de Encino-Pino
10	269,432	2,172,470	Bosque de Encino
11	271,474	2,172,951	Bosque de Encino
12	274,387	2,170,822	Bosque de Encino
13	271,846	2,169,955	Bosque de Encino
14	269,117	2,171,709	Bosque de Encino

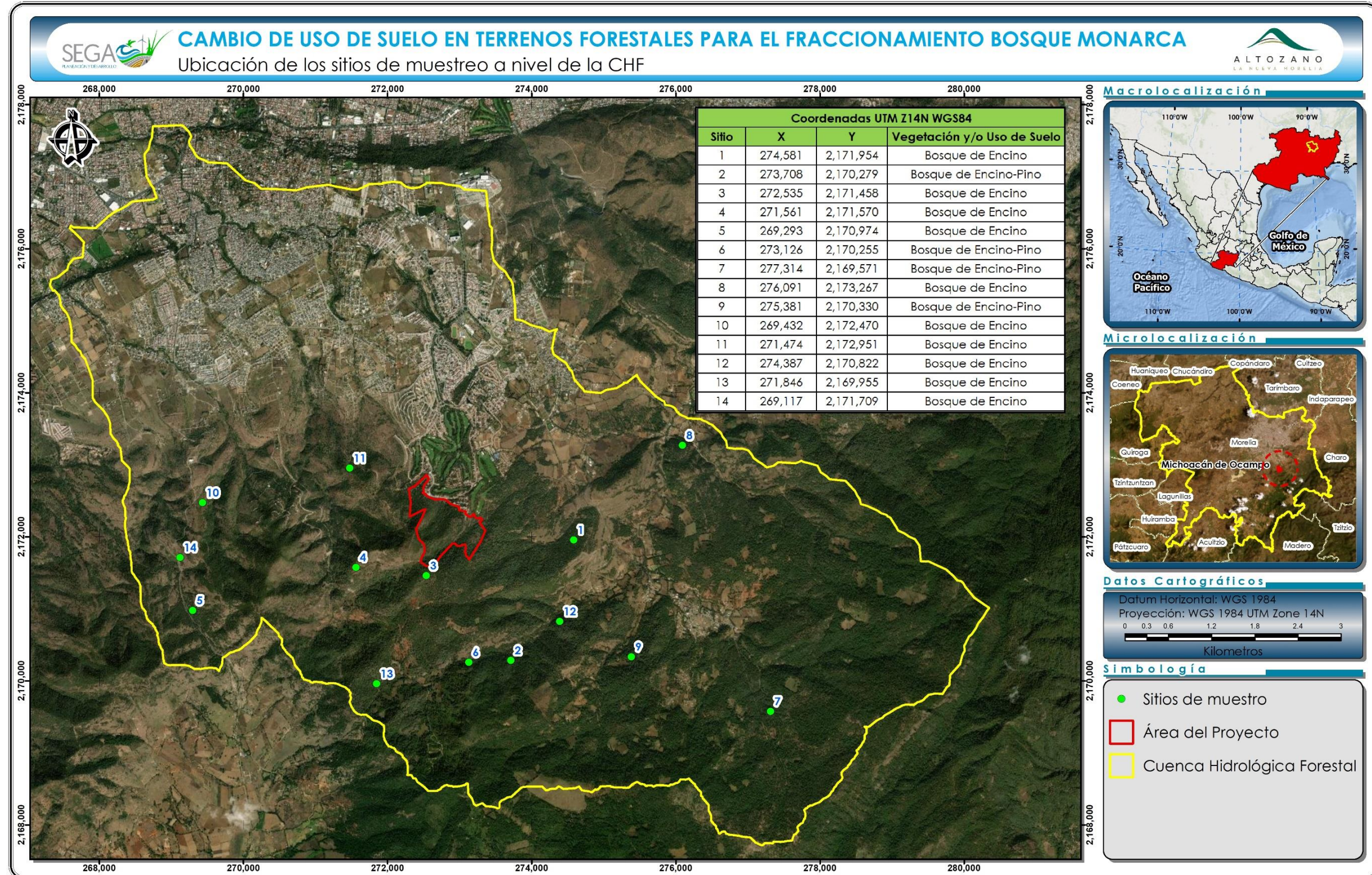


Figura XVII—2. Ubicación de los sitios de muestreo a nivel de la CHF

XVII.2.2 Representatividad del esfuerzo de muestreo

En un inventario forestal, registrar la riqueza total de especies presentes en un área determinada es complicado, lo cual representa un grave problema metodológico dado que la riqueza es considerada el principal descriptor de la biodiversidad (Magurran, 2004; Magurran y McGill, 2011). De hecho, la riqueza de especies observada dentro de cada hábitat (diversidad alfa) es notablemente dependiente del tamaño de muestra (Colwell y Coddington, 1994; Colwell et al., 2004). Es por ello que, las curvas de acumulación de especies son una técnica estadísticamente robusta y confiable para determinar el esfuerzo de muestreo requerido para capturar la riqueza potencial esperada que habita en una determinada región. Así, dichas curvas representan gráficamente el número de especies observadas como función de alguna medida del esfuerzo de muestreo requerido para registrarlas en el inventario.

Además, este tipo de curvas, también denominadas curvas de colecta de especies son consideradas una potente metodología para estandarizar las estimaciones de riqueza obtenida en trabajos ecológico-forestales que han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo (Colwell *et al.*, 2004). Son también una herramienta muy útil para planificar el esfuerzo de muestreo que se debe invertir en el trabajo del inventario en campo. El uso de curvas de acumulación de especies es recomendable para inventarios ambientales (flora y fauna) debido a las dificultades de muestreo de estos grupos taxonómicos y al elevado porcentaje de especies potenciales raras que se pueden registrar (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

En resumen, de acuerdo con Jiménez-Valverde y Hortal (2003), las curvas de acumulación permiten: 1) dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación, 2) una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios confiables, y 3) extrapolar el número

de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en la zona.

Una vez mencionadas las ventajas de las curvas de acumulación, se procedió a determinar la representatividad del muestreo realizado en la CHF (especies observadas vs especies potencialmente esperadas en el área) mediante este método numérico (Colwell *et al.*, 2004). Cabe precisar que, en una curva de acumulación de especies observadas, la incorporación de nuevos taxa al inventario se relaciona en alguna medida con el esfuerzo de muestreo (Magurran y McGill, 2011). De manera que, a mayor esfuerzo de muestreo, mayor número de especies colectadas (riqueza observada).

Al inicio del trabajo de campo, se colectan sobre todo especies comunes y la adición de especies al inventario se produce rápidamente; por tanto, la pendiente de la curva de acumulación comienza siendo elevada (comportamiento exponencial). A medida que prosigue el muestreo, las especies colectadas generalmente son raras, lo que hace crecer el inventario a un ritmo más lento y la pendiente de la curva va tomando una forma asintótica. Cuando la curva se estabiliza (inclinación de la pendiente a cero grados), se puede establecer que, teóricamente, el número de especies encontradas en la zona estudiada es cercano a la riqueza potencial esperada (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Colwell *et al.*, 2004); es decir, el esfuerzo de muestreo ha sido suficiente para registrar la riqueza total de una zona.

En consecuencia, para comprobar que el esfuerzo de muestreo mediante las curvas de acumulación de especies estimó con precisión el número total de taxa existentes en la CHF, se observó la tendencia de la curva y sus intervalos de confianza a una significancia estadística del 95% ($p \leq 0.05$), y se calcularon también algunos estimadores no paramétricos. Estos estimadores son algoritmos que emplean proporciones de especies raras para estimar la riqueza total bajo el supuesto de que, cuantas más especies raras haya, mayor será el número de

especies que quedan por aparecer en el inventario. Estos estimadores tienen su base estadística en la matemática de las técnicas de estimación del número de clases a partir de muestras y de las técnicas de captura-recaptura (Magurran y McGill, 2011). De acuerdo con Colwell *et al.* (2004), para considerar estadísticamente confiable la eficiencia del muestreo obtenida mediante la proyección de la riqueza estimada con los estimadores no paramétricos, ésta debe ser superior al 80% de la riqueza observada. Para el cálculo de estos estimadores, se utilizó el Software “EstimateS 9.1” (Colwell, 2013) y se graficaron únicamente aquellos estimadores con mejor ajuste y que reflejaron la riqueza real con menor sesgo (ACE, Chao 1 y Bootstrap).

Los resultados muestran que la riqueza de especies observada para la CHF del proyecto consistió en 39 taxa registrados en 14 sitios de muestreo, mientras que la riqueza potencial estimada para cada uno de los indicadores utilizados se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XVII—2. Resultados de los estimadores no paramétricos de riqueza potencial utilizados para la CHF del proyecto

Sitios de muestreo	Especies observadas	Especies esperadas		
		ACE	Chao 1	Bootstrap
1	7.56	8.12	8.29	7.01
2	12.25	14.13	14.59	14.11
3	16.09	18.4	19.56	18.69
4	19.35	21.9	23.29	22.65
5	22.22	25.46	26.76	26.67
6	24.79	28.03	28.66	29.83
7	27.12	30.24	30.89	32.26
8	29.24	32.17	32.55	34.86
9	31.19	33.83	34.26	36.97
10	32.99	36	36.79	39.45
11	34.65	37.83	38.77	41.7
12	36.2	39.51	39.99	43.83
13	37.64	40.49	40.83	45.25
14	39	41.76	42.12	46.84

También se aprecia que la curva de acumulación de la riqueza observada se encuentra dentro de los intervalos de confianza ($\alpha=0.05$), por lo cual se puede tener certeza de que el muestreo fue significativo.

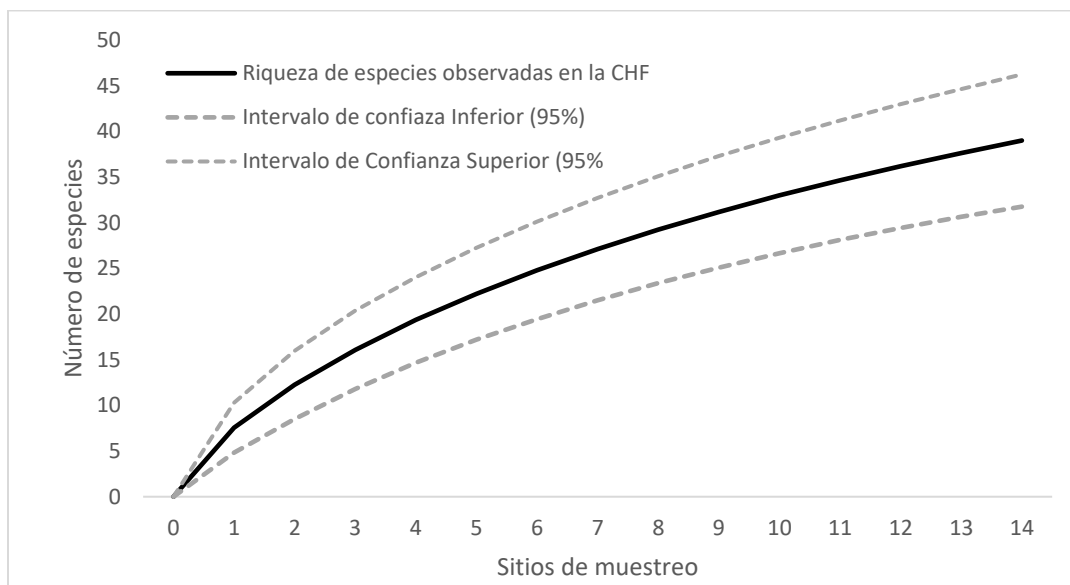


Figura XVII—3. Curva de acumulación de especies observadas e intervalos de confianza al 95% para la CHF

La tendencia de las curvas de acumulación de especies realizada para la CHF permite señalar que, con los puntos de muestreo establecidos, se tiene una representatividad promedio del 89.7% de las especies potencialmente esperadas. Esto sustenta que el esfuerzo de muestreo realizado en este estudio fue robusto y estadísticamente confiable, de manera que registró un número adecuado de las especies que alberga la CHF (Tabla XVII—3 y Figura XVII—4).

Tabla XVII—3. Eficiencia del esfuerzo de muestreo en la CHF delimitada para el proyecto

Estimador de Riqueza	Especies		Eficiencia del muestreo (%)
	Observadas	Esperadas	
ACE	39	41.76	93.4
Chao 1	39	42.12	92.6
Bootstrap	39	46.84	83.3
Promedio			89.7

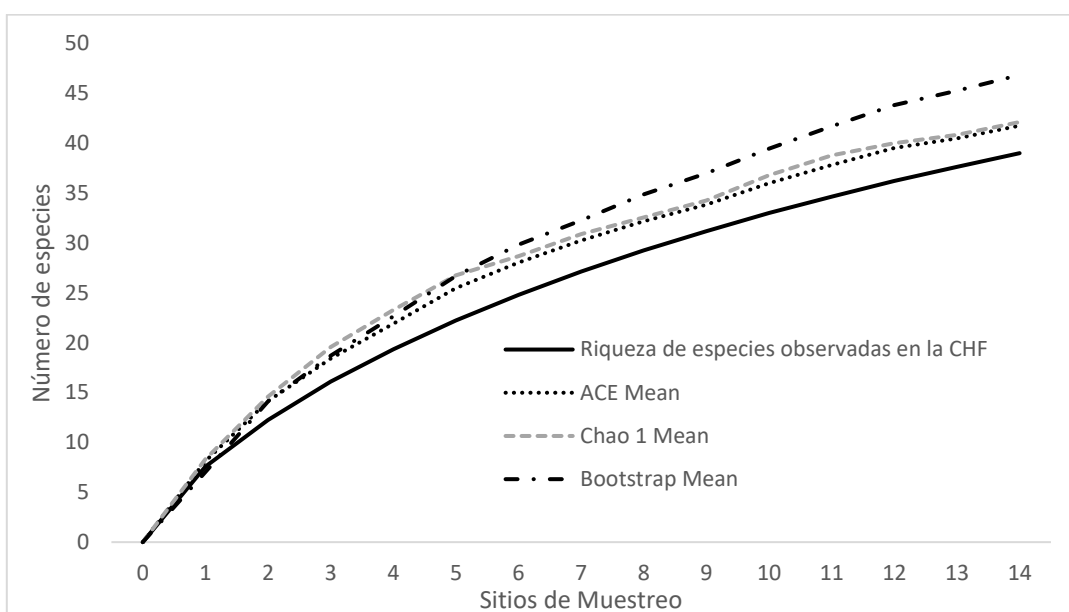


Figura XVII—4. Curva de acumulación de especies observadas y esperadas para la CHF mediante estimadores no paramétricos

XVII.2.3 Tamaño y forma de los sitios de muestreo

De acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000) y Ramírez (2006), los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga en función de las posibilidades y tiempo disponibles. Las tres formas que más se han utilizado en inventarios forestales son sitios con dimensiones cuadradas, rectangulares y circulares.

Los tamaños más adecuados para un sitio de muestreo generalmente están en función del objetivo del estudio. Dado que en la CHF del proyecto se encuentran superficies cubiertas con Vegetación Forestal de bosque de encino-pino y bosque de encino, se decidió utilizar los siguientes tamaños de muestra para obtener una mayor fiabilidad estadística (Inventario Nacional Forestal y de Suelos, 2015).

- 1) **Estrato superior o arbóreo:** sitios circulares de 1,000 m² (17.84 m de radio) para el muestreo de especies con diámetro normal (diámetro registrado a 1.30 m sobre el nivel del suelo) igual o mayor a 7.5 cm. Los atributos que se consideraron fueron: nombre común, nombre científico, diámetro normal, altura de fuste limpio y altura total.
- 2) **Estrato medio o arbustivo:** sitios cuadrados de 16 m² (4 x 4 m) anidados en el punto central del sitio circular utilizado para levantar información correspondiente al estrato superior (arbóreo). Los atributos que se consideraron fueron: nombre común, nombre científico, altura total y diámetro de copa (máximo y mínimo).
- 3) **Estrato inferior o herbáceo:** sitios cuadrados de 1 m² (1 x 1 m) anidados en el punto central del sitio establecido para levantar información correspondiente al estrato superior (arbóreo). Los atributos que se consideraron fueron: nombre común, nombre científico, altura y diámetro de copa (máximo y mínimo).

Las siguientes imágenes muestran los métodos de muestreo utilizados para el levantamiento de datos dasométricos. De izquierda a derecha y de arriba a abajo se aprecia el marcaje y medición del diámetro normal, la identificación del centro de los sitios de muestreo, y la colecta de especies para su posterior identificación, también se ilustra la toma de datos y el marcaje de los individuos para su posterior verificación.





Figura XVII—5. Métodos de muestreo utilizados para el levantamiento de datos dasométricos

De acuerdo con la información estructural de las especies que se desarrollan en las asociaciones de vegetación identificadas para la CHF, se realizó una clasificación por estratos: superior (arbóreo), medio (arbustivo) e inferior (herbáceo). No obstante, cabe precisar que existe una baja tasa de recambio de especies entre estratos, de manera que algunos taxa del estrato arbustivo se encuentran en estado juvenil y en transición a convertirse en árboles y ser parte del estrato arbóreo; lo mismo sucede en el estrato herbáceo, en el cual se entremezclan algunas especies de crecimiento herbáceo con renuevos de las especies del estrato arbóreo y arbustivo (regeneración). Por lo tanto, dentro de los datos mostrados en este estudio se pueden encontrar individuos de las mismas especies en los diferentes estratos estudiados.

XVII.2.4 Análisis de la información

Especies en riesgo: La revisión del estatus de especies bajo categorías de protección se realizó conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Modificación del Anexo Normativo III en 2019). Con los resultados obtenidos del levantamiento de información florística, se registraron **dos especies enlistadas en esta norma (NOM-059-SEMARNAT-2010) para la CHF**: *Cupressus lusitanica* Mill. bajo el

estatus de “Sujeta a Protección Especial” (Pr) y *Tilia americana* L. var. mexicana bajo el estatus de “En Peligro de Extinción” (P), ésta última considerada endémica para el país.

También se calcularon algunos parámetros ecológicos por asociación vegetal para poder explicar la estructura y composición de especies presentes en la CHF delimitada para el proyecto, esto a través de:

Estructura de la vegetación: Para analizar la estructura por tipo de vegetación, se calculó la densidad arbórea y el área basal por hectárea; además, se presentan los valores promedio para el diámetro y la altura. Esta información se obtuvo únicamente para el estrato superior (arbóreo) debido a que es el único que presenta información del diámetro normal para el cálculo del área basal.

Determinación taxonómica del material vegetal: Se consultó literatura especializada (McVaugh, 1985; Rzedowski, 2018, Villaseñor 2016) para conocer la riqueza vegetal registrada para el área de estudio previo a la salida de campo. Con base en la lista florística generada a partir de dicha revisión y el material botánico presente en la CHF, se logró identificar en campo a los individuos registrados a nivel de especie y, en los casos en los que únicamente se logró identificar a nivel de género, se procedió a coleccionar material para su posterior determinación en el Herbario Hortorio “CHAPA” del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. El sistema nomenclatural utilizado se basó en Tropicos.org del Missouri Botanical Garden <http://www.tropicos.org>.

Riqueza de especies: Contabilizada como el número total de taxa registrados en los sitios de muestreo (S).

Diversidad de especies: La diversidad considera tanto el número de especies como la proporción (repartición) de individuos de cada especie (abundancia relativa o equidad) existente en un lugar determinado (Magurran, 2004). Se decidió utilizar el Índice de Shannon-Wiener (H') ya que es uno de los estimadores

más comunes y citados en la literatura. Además, es un índice no paramétrico que se basa en la abundancia proporcional de especies y, por lo tanto, muestra mayor sensibilidad a las alteraciones en la abundancia de especies con menor densidad, también llamadas raras (Shannon y Weaver, 1964; Moreno, 2001). Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5: valores inferiores a 2 se consideran bajos, superiores a 3 son altos, en tanto algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más (Magurran, 2004; Magurran y McGill, 2011).

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

donde:

S= número de especies (riqueza observada de especies);

P_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie i): n_i/N .

También se obtuvo la Equidad de Pielou (J'), la cual compara el índice Shannon-Wiener contra la distribución de individuos entre las especies observadas que deberían maximizar la diversidad; de manera que si H' es el índice Shannon-Wiener observado, el valor máximo que este índice podría tomar es el $\log(S)$, donde S es el número total de especies en el hábitat (Magurran y McGill, 2011). Para obtener estos estadígrafos se empleó el programa “Species Diversity and Richness 4.1.2” (Seaby y Henderson, 2007).

Densidad absoluta y relativa (D_a y D_r): La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie, principalmente cuando las formas de crecimiento facilitan el conteo independiente de cada individuo. La densidad absoluta es el número de individuos de una especie “ i ” presente en un área determinada (individuos por unidad de superficie); para este caso, se consideró al nivel de hectárea tipo. La densidad relativa se refiere a la proporción en número de

individuos de una especie con relación a la densidad total, expresada en porcentaje.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos de la especie } n}{\text{Área muestreada}}$$

Dominancia (Dom): La dominancia es considerada como el área que ocupa una especie, mientras que la Dominancia relativa (Dor) es el área que ocupa una especie con relación al resto de las especies. Es una medida que se expresa en porcentaje, y se calculó a partir de la estimación del área basal para individuos arbóreos y mediante la cobertura de copa para individuos arbustivos y herbáceos.

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{AB de la especie } n}{\text{Sumatoria del AB de todas las especies}}$$

Área Basal (AB): Refiere al diámetro del tronco a 1.30 m de altura. Se mide el tronco principal del árbol y cada rama igual o mayor a 7.5 centímetros de diámetro, y se suman todas ellas para calcular el valor del individuo en la unidad de muestreo.

$$\text{Área Basal: } AB = \frac{\pi}{4} DN^2$$

Frecuencia (F): La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad de muestreo, es decir, es el número de unidades de muestreo en la que una especie está presente. Por tanto, la Frecuencia relativa (Fr) pondera el número de veces en que es encontrada una especie con relación al resto de las especies y es una medida porcentual.

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número de ocurrencia de la especie } n}{\text{Número total de sitios muestreados}}$$

Índice de Valor de importancia (IVI): El índice de valor de importancia es el parámetro que mide el valor estructural de las especies con base en tres

parámetros: dominancia relativa (ya sea en forma de cobertura o área), densidad relativa y frecuencia relativa. El índice de valor de importancia (IVI) es la suma de estos tres parámetros, calculado en forma total (300%) y relativo (100%) (Curtis y McIntosh, 1951; Begon *et al.*, 2005).

XVII.3 METODOLOGÍA DE MUESTREO DE FAUNA A NIVEL DE LA CUENCA HIDROLÓGICA FORESTAL

De manera particular, se decidió utilizar a la fauna representada por los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) como grupo de trabajo sujeto a análisis en este proyecto, ya que son relativamente fáciles de muestrear y se han tipificado como excelentes indicadores de la estabilidad de una zona determinada. Posteriormente, se desarrolló el trabajo de campo, cuyos métodos se describen brevemente más adelante.

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Cuenca Hidrológica Forestal (CHF) del proyecto denominado “*Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales para el Fraccionamiento Bosque Monarca*”. El esfuerzo de muestreo tuvo una duración de siete días efectivos, distribuidos del 12 al 18 de diciembre de 2022; el criterio principal para la selección y ubicación de los sitios de muestreo se fundamentó en el conocimiento práctico de los expertos en diferentes grupos taxonómicos, bajo la primicia de asegurar la completa representatividad de los tipos de vegetación presentes y de tener una duración estandarizada de los esfuerzos de muestreo en cada una de ellas.

Para la determinación de los vertebrados terrestres, se realizaron transectos en franja, con el apoyo de binoculares, lámparas y guías de campo especializadas sobre los distintos grupos de vertebrados. También se realizaron recorridos diurnos y nocturnos a pie para la obtención de registros directos (visuales y capturas) e indirectos (cantos, rastros de huellas, excretas, huesos, madrigueras,

entre otros) de las especies de fauna silvestre presentes. De manera simultánea, se preparó un catálogo fotográfico para la posterior verificación, o en su caso, identificación de los registros visuales obtenidos en el campo. Por otra parte, mediante el uso de GPS Etrex Garmin, se georreferenció (en UTM) la ubicación de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

XVII.3.1 Transecto en franja

El método de transecto de franja consiste en una unidad de muestreo rectangular muy larga y estrecha que debe recorrerse a través de la línea central, tratando de registrar a todos los individuos dentro de la franja muestral de anchura $2W$, que representa el ancho efectivo en ambos lados de la línea del transecto. De acuerdo con Mandujano-Rodríguez (2011), la visibilidad es el principal factor que determina este ancho y, a su vez, la visibilidad es afectada por la cobertura vegetal, el relieve local, la hora (día, noche) y la técnica de muestreo empleada (a pie, caballo, vehículo terrestre o aéreo).

En la siguiente figura se ejemplifica un transecto en franja de 0.5 km de largo y 50 m de ancho ($L=500$ m; $2w= 25$ m), como los efectuados en este estudio. En el esquema, los círculos negros representan los animales que no deben ser contabilizados y los asteriscos representan los animales que se deben contar.

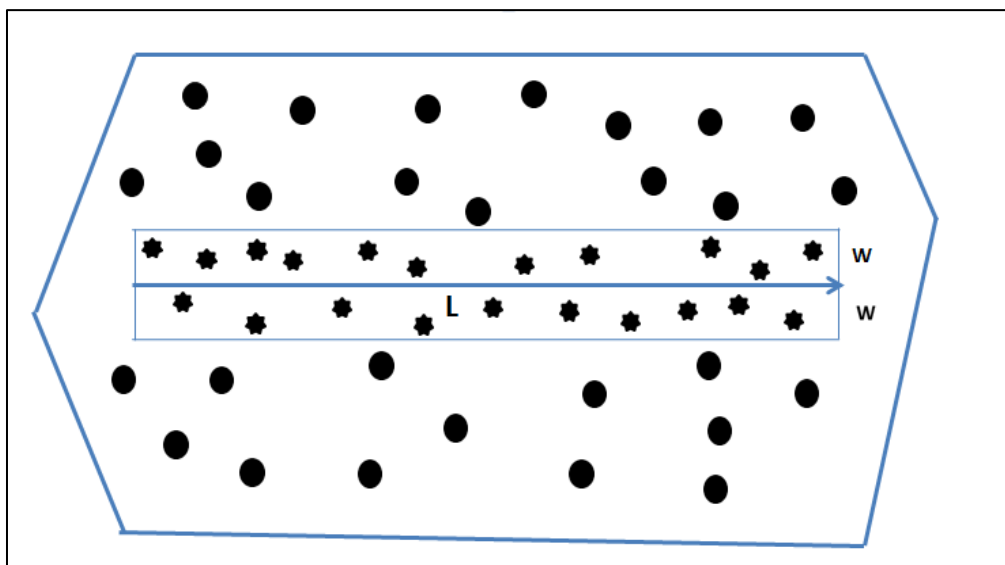


Figura XVII—6. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja

Las consideraciones usadas para este tipo de muestreo son las siguientes:

- Todos los individuos contenidos en el área muestreada tienen la misma probabilidad de ser detectados ($p = 1.0$).
- Cualquiera de los individuos está aleatoriamente distribuido sobre el área muestreada, o el transecto fue ubicado de manera aleatoria en el área.
- Todos los individuos (ambos sexos y todas las edades) son igualmente probables de ser ahuyentados. El avistamiento de un organismo no influye en el avistamiento de otros organismos.
- Ningún animal es contado más de una vez.

Este procedimiento de muestreo puede ser aplicado a animales de todos tamaños, en una variedad de hábitat. Incluso animales que ordinariamente están ocultos pueden ser contados si ellos son ahuyentados por el observador. Este método aporta información bastante confiable y puede ser utilizado para estimar índices de densidad poblacional.

No obstante, los principales factores que pueden afectar la aplicación de esta metodología son los siguientes:

- Que tan conspicuos o visibles son los individuos
- Condiciones meteorológicas
- Actividad de la especie en relación con la hora del día o estación del año
- Conteos duplicados de individuos que se desplazan hacia adelante durante el recorrido del transecto después de ser ahuyentados
- Variación en el efecto de la cobertura del hábitat para la detección de los individuos

A continuación, se describen los métodos de campo empleados para el registro de los distintos grupos de vertebrados considerados en este estudio.

XVII.3.2 Metodología para registro de Herpetofauna

La búsqueda de anfibios y reptiles se realizó empleando un método de muestreo de transectos en franja a pie, utilizando las técnicas convencionales de recolecta descritas por Casas-Andreu *et al.* (1991). Dichas técnicas consisten en realizar una búsqueda en todos los microhábitats en los que se pueden llegar a encontrar estos organismos: debajo de rocas, troncos secos, dentro de agujeros en la tierra, sobre el suelo, arbustos y árboles. Los recorridos de búsqueda se realizaron en dos horarios, de 8:00 a 13:00 horas y de 16:00 a 20:00 horas, registrando todos los organismos observados en el transecto, a través del método de conteo visual. Los muestreos realizados dentro de la Cuenca Hidrológico Forestal (CHF) siguieron los mismos métodos que se emplearían en los muestreos en el Área del proyecto (AP) para poder hacer las respectivas comparaciones de composición de especies y abundancia al tenerlos homologados.

Para realizar una adecuada determinación taxonómica de las especies, así como para obtener fotografías de los individuos observados, fue necesaria la captura de algunos organismos. El método de captura dependió esencialmente del organismo a recolectar, pudiéndose tomar directamente con la mano o con ayuda de materiales como ganchos herpetológicos, ligas de plástico, pinzas de disección de 30 cm, sacos de manta y bolsas de plástico. Para cada uno de los ejemplares observados se tomaron los siguientes datos: nombre de la especie, fecha, coordenadas geográficas y tipo de vegetación en la que se encontró; además se fotografiaron algunas de las especies observadas en la zona de estudio.

La determinación taxonómica de todas las especies observadas en los transectos de muestreo se realizó con la ayuda de literatura especializada y utilizando las claves taxonómicas de Flores-Villela *et al.* (1995).

XVII.3.3 Metodología para registro de Mastofauna

El muestreo de mamíferos se realizó mediante transectos en franja, en los cuales fue factible obtener registros directos de algunas especies, así como la ubicación de huellas y rastros que posteriormente fueron identificados con ayuda de literatura especializada (Aranda, 2000, Ceballos y Oliva, 2005).

Se colocaron 7 transectos de trampas tipo Sherman para la captura de roedores siguiendo los métodos convencionales de colecta científica descritos por Romero-Almaraz *et al.* (2000). En total, se colocaron 280 trampas en los transectos en línea, con una distancia de siete a 10 m entre las trampas, mismas que fueron cebadas con avena y vainilla. Los ejemplares capturados fueron identificados con ayuda de claves especializadas (Hall, 1981; Ceballos y Oliva, 2005) y posteriormente se liberaron en el mismo lugar de su captura.

Para el registro de mamíferos medianos y grandes se realizaron transectos en franja a lo largo de senderos naturales y brechas con el fin de coleccionar e identificar

rastros (huellas, excretas, pelo y cráneos) y además obtener observaciones directas. Estos transectos sirvieron también para conocer el terreno y así seleccionar los sitios donde se colocaron las trampas tipo Tomahawk y también las cámaras trampa.

Se colocaron cuatro trampas tipo Tomahawk cebadas con sardina para la captura de mamíferos medianos. Éstas fueron instaladas sobre el transecto en franja y los senderos de animales o en la proximidad de las madrigueras registradas.

El fototrampeo se utilizó para obtener registros de las especies de mamíferos crípticas o raras que, por sus características o hábitos, son difíciles de capturar y no es común detectarlos (Maffei *et al.*, 2002; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011); este método consiste en utilizar cámaras provistas de sensores que obturan de manera automática al detectar el movimiento de un cuerpo o una temperatura diferente a la del ambiente.

Se colocaron cuatro cámaras trampa (modelo LTL Acorn y Cuddeback) en la CHF, en sitios donde se observaron rastros de mamíferos, tales como: huellas, heces, restos de alimentación, o bien, en la proximidad de madrigueras y en aquellos senderos potencialmente utilizados para el desplazamiento de distintas especies de mamíferos. Las cámaras trampa fueron instaladas en troncos de árboles o estacas, a una altura aproximada de 30 a 40 cm del suelo, dependiendo del tipo de terreno y su pendiente.

Como parte de la preparación del sitio, se removieron las ramas o malezas que pudieran interferir con la operación de las cámaras y, posteriormente, el área fue cebada con sardina enlatada. Para el caso de registros por medio de foto trampas, se consideró como un sólo individuo a todas las fotografías tomadas de una especie dentro de un ciclo de 24 horas (Botello, 2004).

Para captura de murciélagos se colocaron redes de niebla, las cuales consisten en una malla o red tejida que puede ser de nailon o poliéster. Estas redes se sostienen y extienden a través de varas o tubos de aluminio que se ubican a los

extremos de la red, los cuales son fijados mediante cuerdas a árboles cercanos, troncos o rocas ancladas al suelo. Las redes de niebla varían de acuerdo con su longitud, ancho, amplitud de luz de malla y número de bolsas que cuelgan de la red. La luz de los orificios que componen la red y las bolsas que se forman permiten la captura de murciélagos al enredarse en la malla.

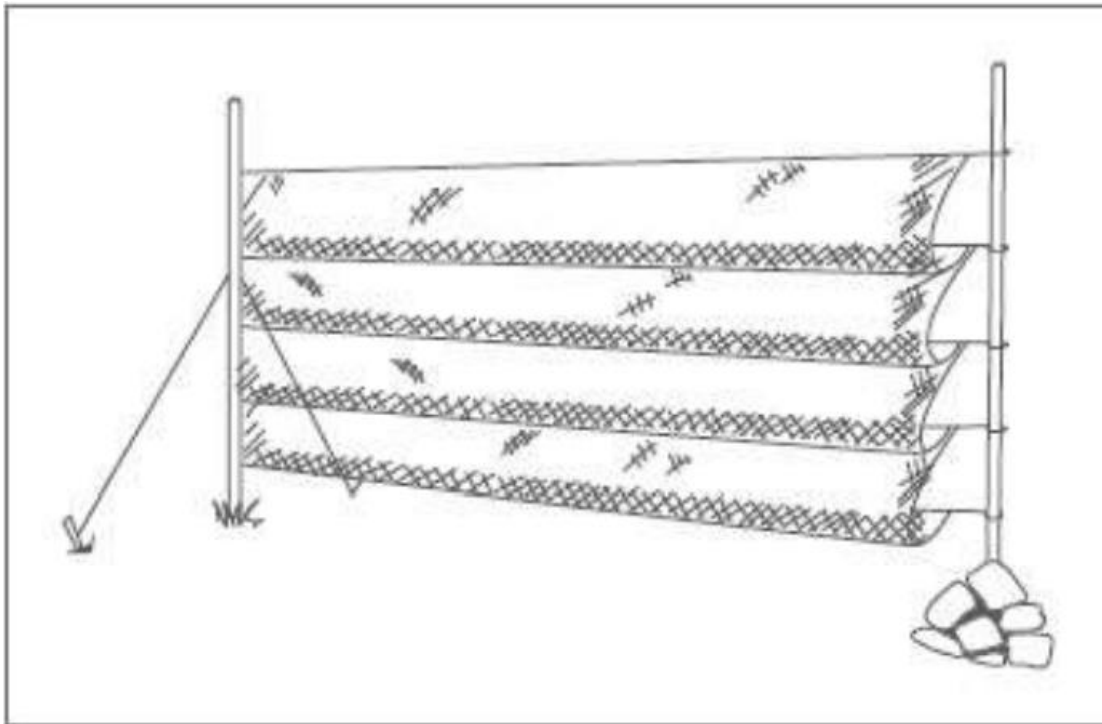


Figura XVII—7. Red de niebla instalada a nivel de sotobosque (tomado de Nagorsen y Peterson, 1980)

Para determinar el lugar más adecuado y conveniente para la instalación de las redes de niebla, se consideraron las condiciones del terreno, tipos de hábitat de la zona, posibles caminos o rutas que pueden seguir las especies de interés durante el vuelo, fuentes de recursos, áreas de descanso y protección cercanas, y espacios que puedan servir como potenciales fuentes de recursos para los murciélagos como zonas con agua o árboles en temporada de fructificación.

Previo a la instalación de las redes de niebla, se realizó una limpieza y adecuación del lugar en el que fueron instaladas. Las redes de niebla se colocaron de forma

distanciada, procurando cubrir la mayor cantidad de área posible en el lugar de captura y cambiando las redes de dirección y ubicación, con el fin de evitar recapturas de individuos y la detección de las redes por parte de los organismos.

Durante el trabajo de campo se colocaron tres redes de niebla de 12 metros de longitud y dos metros de altura en tres transectos de la CHF. El horario de colocación fue poco antes del inicio de actividad crepuscular y nocturna de los murciélagos, alrededor de las 18:00 hrs; una vez instaladas, se dejaban colocadas durante los picos de mayor actividad de murciélagos. El monitoreo de las redes para verificar la captura de ejemplares se hacía en intervalos de tiempo no mayor a 30 minutos con el fin de evitar que se enredaran demasiado y minimizar el estrés de los animales.

Los individuos capturados en las redes fueron removidos con mucho cuidado a fin de evitar dañarlos. Es importante usar guantes de cuero, dado que algunas especies de murciélagos son potenciales vectores de la rabia (Constantine, 2009 citado en Bracamonte, 2018). Para la remoción de murciélagos se usó la metodología descrita por Jones *et al.* (1996), que consiste en identificar el lado de la red por el cual ingresó el animal (estirando la red por ambos lados) y ejecutar la remoción por ese mismo lado, empezando por desenredar las patas y la cola, luego el cuerpo y, por último, la cabeza y las alas (Jones *et al.*, 1996; Finnemore y Richardson, 2004).

La siguiente figura ilustra la secuencia de extracción de un murciélago de la red. A) Murciélago atrapado en bolsa de niebla de neblina. B) Bolsa de la red abierta para exponer el murciélago capturado. C) Cola y patas traseras de murciélago despejadas de la red. D) Cuerpo de murciélago firmemente sostenido y red retirada de un ala extendida. E) Cuerpo de murciélago y un ala libre agarrada para evitar enredos. F) Ala restante removida de la red.

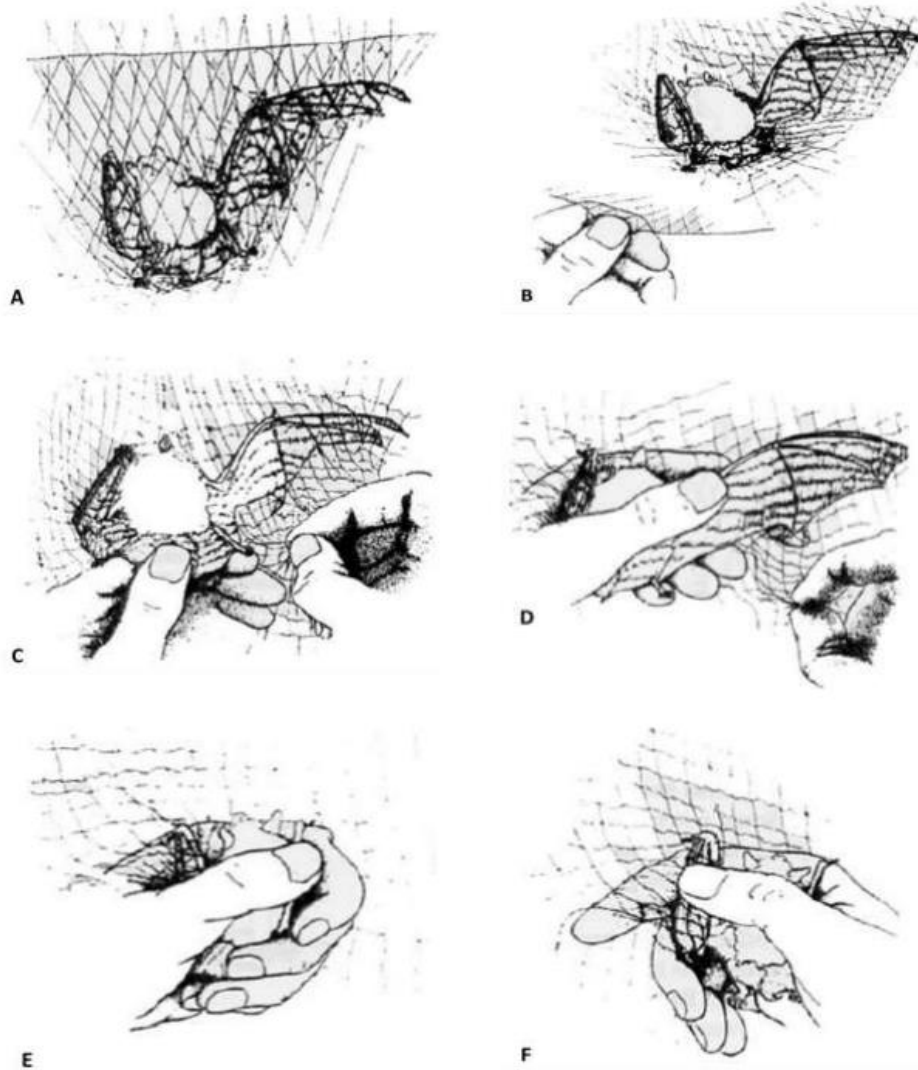


Figura XVII—8. Secuencia de extracción de un murciélago de la red

Una vez extraídos los murciélagos de la red, se procedió a la toma de datos morfométricos para su identificación por medio de guías especializadas, y se determinó el sexo de los ejemplares capturados con base en la presencia de genitales en machos (Racey 1988). Luego de la toma de fotografías, se realizó la liberación de ejemplares cerca de los mismos sitios de captura.

El arreglo taxonómico de los ejemplares registrados se realizó con base en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al.* (2005), mientras que los nombres comunes de los mamíferos se tomaron como referencia del libro de Ceballos y Oliva (2005). Para los roedores se utilizaron los trabajos de Hall (1981), Ceballos y Oliva (2005); para la identificación de los rastros de mamíferos medianos y grandes, se empleó la guía de Aranda (2000).

A continuación, se presentan las coordenadas y ubicación de los diferentes tipos de trampas para registro de mamíferos en la CHF. En caso de las trampas Sherman, se registró la coordenada de inicio y fin del transecto.

Tabla XVII—4. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas para registro de mamíferos en la CHF

Transecto en CHF	Tipo de Trampa	Coordenadas inicio (decimales o UTM)		Coordenadas finales (decimales o UTM)	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
1	Sherman	271545	2171071	271591	2171040
2	Sherman	271170	2171187	271139	2171155
3	Sherman	271879	2169981	271870	2169930
4	Sherman	272233	2171658	272160	2171643
5	Sherman	273787	2170076	273791	2169984
6	Sherman	275094	2171887	275167	2171851
7	Sherman	277214	2170094	277227	2169940
1	Tomahawk	271796	2170902		
2	Tomahawk	270945	2170958		
3	Tomahawk	271936	2170301		
5	Tomahawk	273777	2170168		
1	Fototrampa	271824	2170883		
2	Fototrampa	271214	2171225		
3	Fototrampa	271881	2169995		
5	Fototrampa	273774	2170240		
2	Red de niebla	271160	2171169		
3	Red de niebla	271904	2170117		
4	Red de niebla	272351	2171680		

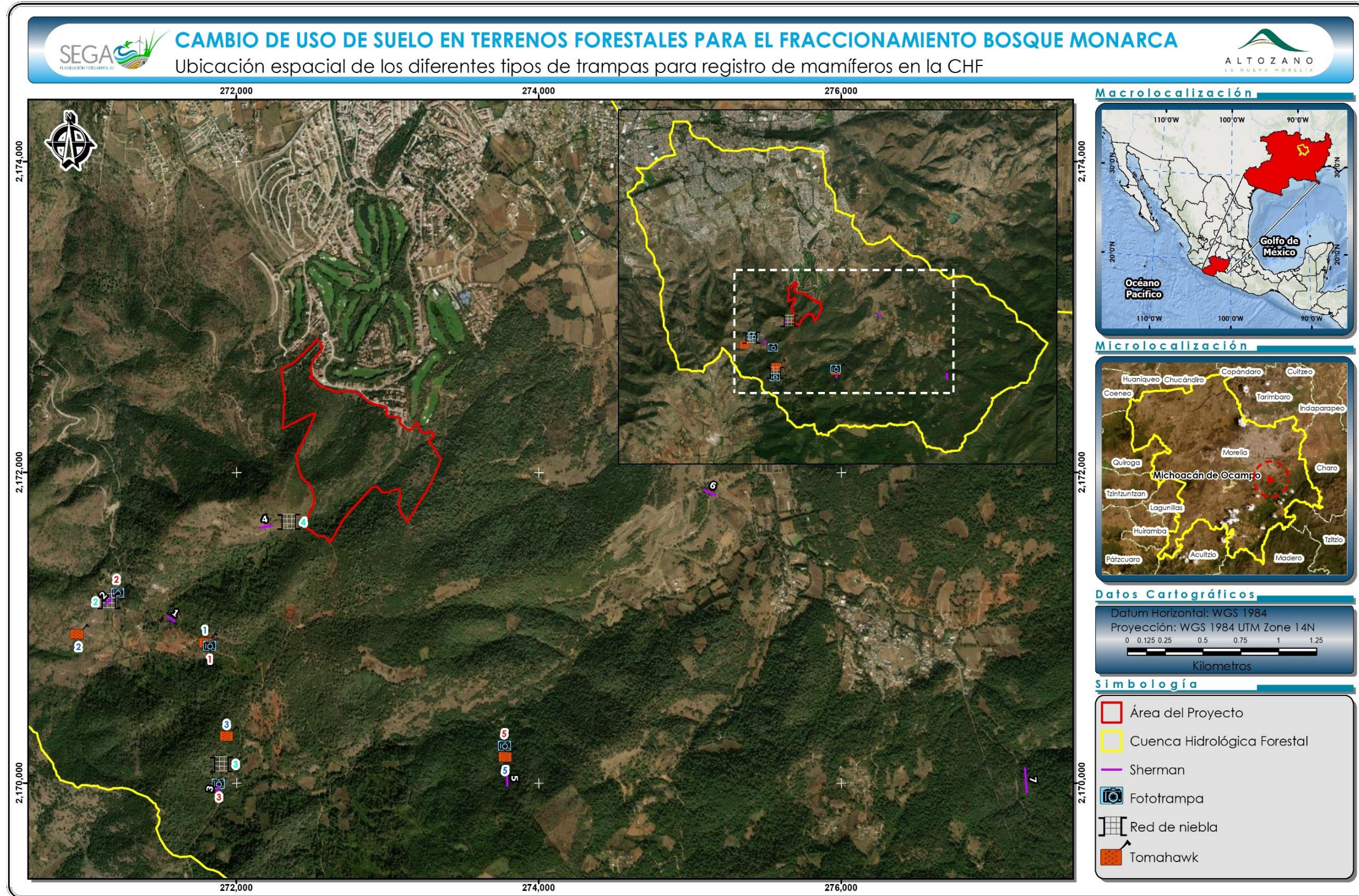


Figura XVII—9. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas utilizadas para registro de mamíferos en la CHF

XVII.3.4 Metodología para registro de Avifauna

El muestreo de la avifauna se llevó a cabo mediante registros visuales y auditivos; además, se obtuvieron registros fotográficos (Nikon D3000 con telefoto Sigma 150-500 mm) que permitieron confirmar la identificación de algunas especies. Para la obtención de los datos de diversidad, se emplearon puntos de conteo intensivos (Ralph *et al.* 1995). Los puntos de conteo se llevaron a cabo en los transectos previamente determinados y las observaciones se hicieron con ayuda de binoculares (10 x 42 Eagle Optics). Los registros se efectuaron entre las 7:00 y 13:00 hrs y de 17:00 a 21:00 hrs, abarcando así los dos picos de mayor actividad de las aves.

Para la identificación de las aves, así como para determinar su estatus de residencia, se utilizaron las guías de campo de Howell y Webb (1995), Sibley (2000) y las de National Geographic Society (2008); los registros auditivos que también permitieron la identificación de algunas especies de aves fueron cotejados en la base de datos de Xenocanto (<http://www.xeno-canto.org/>). El endemismo se determinó con base en el trabajo de González-García y Gómez de Silva (2003). Las especies registradas fueron catalogadas de acuerdo con la última actualización de la American Ornithologist Union (2018).

A continuación, se muestran algunas fotografías de los métodos de campo descritos en líneas anteriores a través de los cuales fue posible obtener un inventario de los vertebrados terrestres de la CHF.



Material utilizado para la búsqueda y registro de anfibios y reptiles



Personal de SEGA durante la búsqueda diurna de herpetofauna



Búsqueda nocturna de herpetofauna en el sitio de muestreo



Registro de información de campo



Manipulación de anfibio a cargo de personal de SEGA



Técnica de sujeción de reptil a cargo de personal de SEGA



Equipo y material utilizado para inventario de mamíferos



Cebando trampa Sherman



Colocación de Trampa Sherman en uno de los transectos de muestreo



Verificando la captura de mamíferos pequeños en trampa Sherman



Cebo y trampa Tomahawk utilizada para mamíferos medianos



Colocación de cebo en trampa Tomahawk



Personal de SEGA colocando red de niebla



Vista del proceso de colocación de red de niebla
para captura de murciélagos



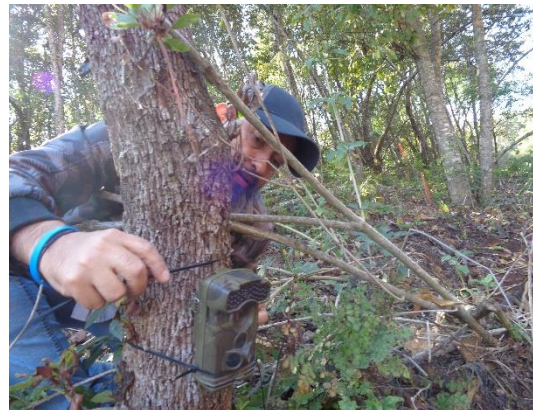
Captura de murciélago en red de niebla



Liberación de murciélago de la red de niebla



Programación y configuración de cámara
trampa



Colocación de cámara trampa



Vista de la cámara trampa colocada para registro de fauna silvestre



Fotografiando avifauna



Búsqueda de aves con ayuda de binoculares



Observación de aves con binoculares

XVII.3.5 Tamaño de muestra para la CHF

Los transectos pueden ser ubicados de manera sistemática o aleatoria, para el caso del muestreo realizado en la Cuenca hidrológica forestal se eligió hacerlo de manera aleatoria. Se realizaron un total de siete transectos con una longitud de 500 metros (L) por 50 metros de ancho (2w), sumando una superficie total muestreada para la CHF de 17.5 has aproximadamente.

Tabla XVII—5. Transectos utilizados para el muestreo de fauna silvestre en la CHF

Coordenadas Transectos CHF			
Coordenadas UTM Z14N WGS 84			
Punto	Zona	X	Y
T1 Inicial	CHF	271,859.99	2,170,862.50
T1 Final	CHF	271,456.39	2,171,132.18
T2 Inicial	CHF	271,225.18	2,171,243.28
T2 Final	CHF	270,876.44	2,170,893.44
T3 Inicial	CHF	271,869.26	2,169,925.06
T3 Final	CHF	271,952.28	2,170,388.73
T4 Inicial	CHF	272,425.59	2,171,701.51
T4 Final	CHF	271,942.42	2,171,597.61
T5 Inicial	CHF	273,764.47	2,170,391.73
T5 Final	CHF	273,796.10	2,169,928.91
T6 Inicial	CHF	275,383.02	2,171,745.32
T6 Final	CHF	274,939.67	2,171,965.02
T7 Inicial	CHF	277,247.44	2,169,681.29
T7 Final	CHF	277,208.64	2,170,175.91

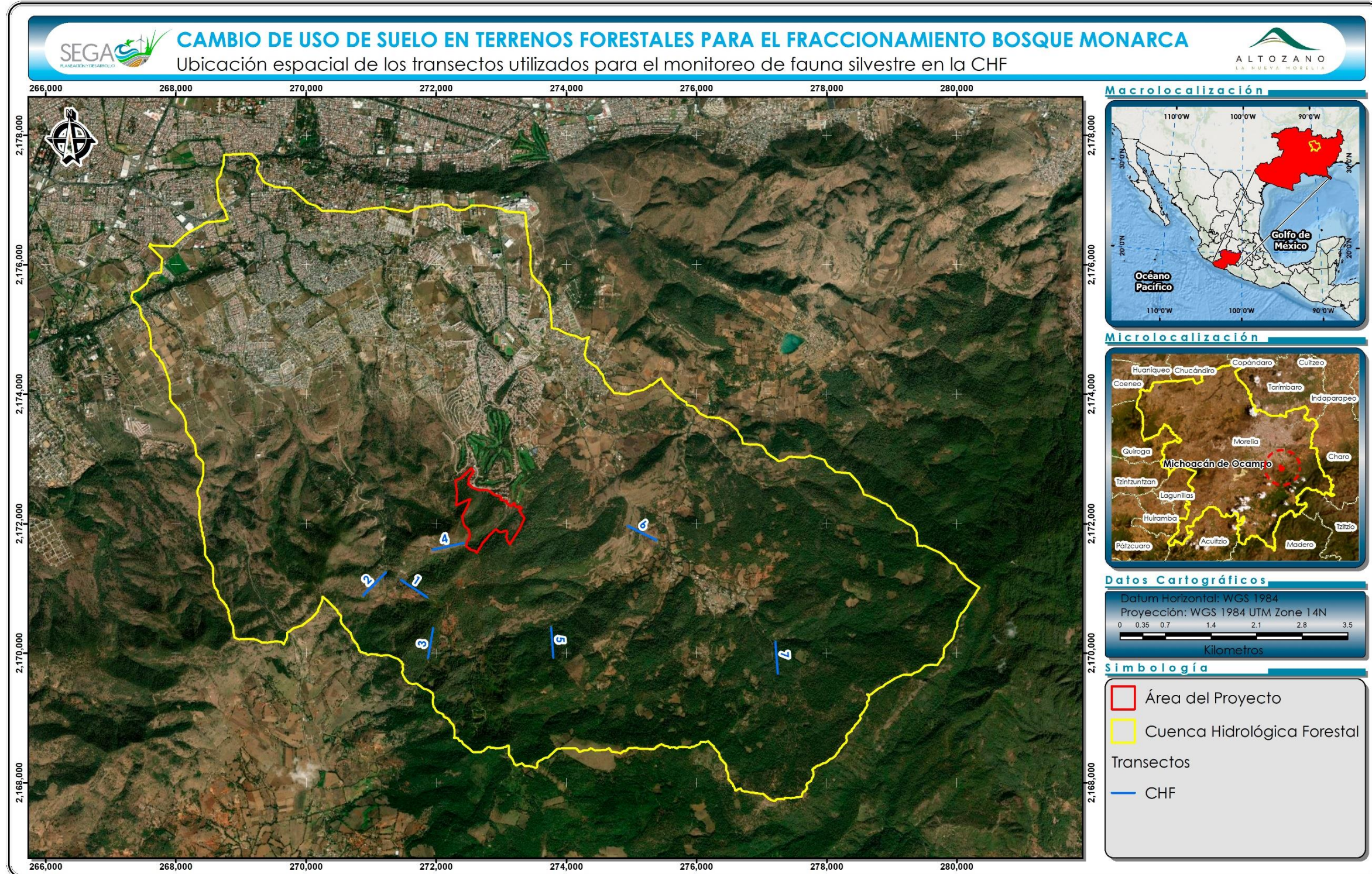


Figura XVII—10. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de campo en la CHF

XVII.3.6 Trabajo de gabinete

La información obtenida en campo se sistematizó en hojas de cálculo, siguiendo un orden sistemático y diferenciando entre las especies e individuos observados en cada día de trabajo. Posteriormente, para determinar la riqueza de especies esperadas en la CHF, se emplearon estimadores de riqueza que permiten calcular el número de especies que existe en un área determinada basándose en el número de especies detectadas en unidades de esfuerzo estandarizadas (días). Estos análisis que además revelan mediante las curvas de acumulación, la cantidad de esfuerzo que haría falta para detectar a la totalidad de especies dentro del área delimitada, fueron realizados de acuerdo con los modelos clench y exponencial empleando el *programa Species Accumulation Vers. β* (Díaz-Francés y Soberón 2005), a partir de los datos obtenidos por cada día de trabajo de campo.

En la abundancia de las especies se implementó un índice de frecuencia relativa, que consiste en determinar el número promedio de individuos de cada especie observados en un día de trabajo de campo y que se representa de manera porcentual con respecto al total de individuos de las diferentes especies observado durante el total invertido en el trabajo de campo.

Para establecer cuáles de las especies de fauna silvestre registradas durante los muestreos de campo corresponden con especies protegidas por la legislación nacional, se contrastó el listado sistemático elaborado, con la lista de especies en riesgo que se presenta en el Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actualización de 2019. Dado que las autoridades taxonómicas (a nivel mundial) realizan actualizaciones periódicas en sus sistemas de clasificación y nomenclatura, mismas que no pueden ser actualizadas con la misma agilidad en la citada Norma, fue necesario rastrear los cambios taxonómicos recientes de un elevado número de especies, para poder así determinar, si éstas poseían de algún estatus de protección oficial.

Adicionalmente, se determinó el grado de endemismo de la comunidad de vertebrados registrada durante los muestreos de campo. Es importante recordar que las especies endémicas son aquellas cuya distribución se encuentra restringida a una región geográfica determinada —y no se encuentra en ningún otro lugar—, que, en el caso del presente estudio, se refiere a los límites geopolíticos de la República Mexicana.

La importancia del reconocimiento de las especies endémicas se debe a que su sobrevivencia en estado silvestre dependerá de las estrategias de conservación que se implementen específicamente en la región geográfica a la que están restringidas. En vista de la importancia que puede tener para la preservación de las especies el reconocimiento de su endemismo, se han propuesto otras dos categorías emparentadas que han sido utilizadas en el presente estudio: las especies cuasiendémicas y semiendémicas.

Las especies cuasiendémicas son aquellas cuya distribución queda casi completamente circunscrita a un país, pero existen pocas localidades marginales en algún otro país vecino donde también se distribuye la especie, lo cual se debe a la continuidad de los hábitat o sistemas orográficos que van más allá de las fronteras geopolíticas. De manera adicional, se ha propuesto la categoría de especies semiendémicas para designar a aquellas especies que son endémicas a un país una región durante una determinada época del año y que, de acuerdo con González-García y Gómez de Silva (2003), merecen la misma prioridad de conservación que las especies endémicas.

XVII.4 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS DE SUELO Y VEGETACIÓN A NIVEL DE DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES

Para determinar los diferentes usos de suelo y/o vegetación que se desarrollan en las superficies que serán afectadas con la realización del CUSTF se consideraron los siguientes pasos:

1. Revisión de la información disponible para las superficies específicas: Se utilizó una imagen de satélite de alta resolución para realizar una clasificación no supervisada de las asociaciones vegetales y los usos de suelo presentes en las áreas que forman parte de las superficies consideradas para el CUSTF.
2. Recorridos en campo. Apoyados de GPS Etrex Garmin 62s, se realizaron recorridos por las superficies específicas necesarias para el CUSTF con el objeto de confirmar y determinar la existencia o no de diferentes asociaciones vegetales y usos de suelo en cada una de las fracciones de terreno (Clasificación supervisada).
3. Levantamiento de información florística. Finalmente, se levantaron sitios de muestreo en campo para obtener información sobre las características de la estructura y composición de cada uno de los tipos de vegetación identificados en las superficies necesarias para llevar a cabo el CUSTF.

XVII.4.1 Elección del sistema de muestreo

En aquellas ocasiones en que no es posible o conveniente realizar un censo (analizar a todos los elementos de una población), se debe seleccionar una muestra, entendiendo por tal una parte representativa de la población (Ramírez, 2006). El muestreo es, por lo tanto, una herramienta de la investigación científica

cuya función básica es determinar qué parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población (Mostacedo y Fredericksen, 2000). La muestra debe lograr una representación adecuada de la población en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicha población que son importantes para la investigación y toma de decisiones. Para que una muestra sea representativa y, por lo tanto, útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población; es decir, ejemplificar las características de ésta (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Ramírez, 2006).

Considerando lo anterior, el sistema de muestreo elegido fue el “Aleatorio simple”, mediante los recorridos previos y la información disponible en las superficies en las que se pretende llevar a cabo el CUSTF, se pudo identificar que sólo se afectaría un solo tipo de vegetación: el bosque de encino. En la siguiente tabla se presentan las coordenadas UTM de los sitios de muestreo donde se levantó la información.

Tabla XVII—6. Coordenadas UTM Zona 14 N de los sitios de muestreo en las superficies de CUSTF

Vértice	X UTM Z13	Y UTM Z13	Uso de suelo y vegetación
1	272,379	2,172,431	Bosque de Encino
2	272,739	2,172,414	Bosque de Encino
3	272,904	2,172,384	Bosque de Encino
4	272,741	2,172,304	Bosque de Encino
5	272,493	2,172,156	Bosque de Encino
6	272,682	2,172,085	Bosque de Encino
7	272,673	2,171,881	Bosque de Encino
8	272,915	2,172,180	Bosque de Encino
9	273,182	2,172,092	Bosque de Encino
10	272,993	2,171,946	Bosque de Encino

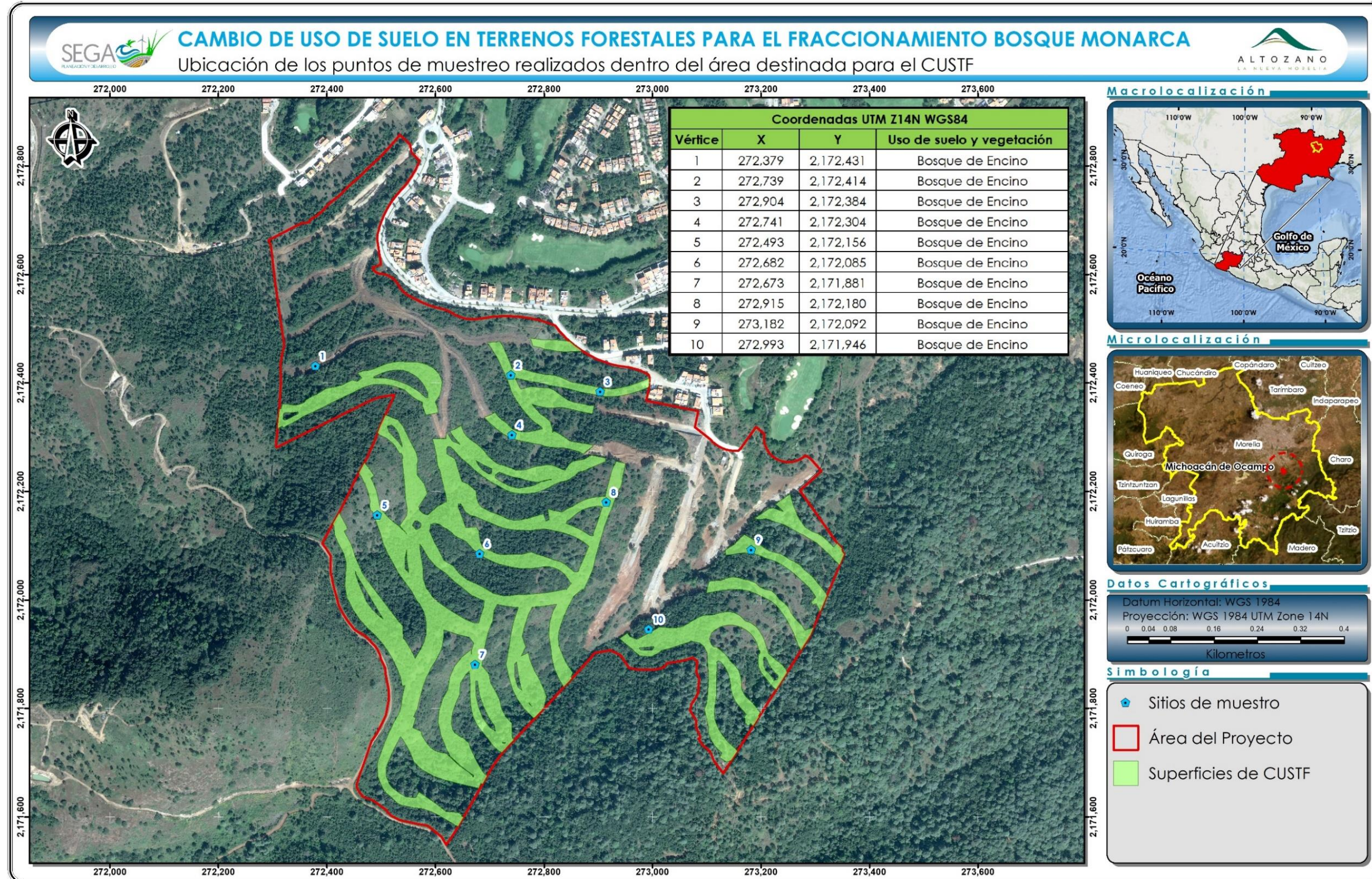


Figura XVII—11. Ubicación de los puntos de muestreo realizados dentro del área destinada para el CUSTF

XVII.4.1.1 Representatividad del esfuerzo de muestreo

Para estimar la representatividad del muestreo realizado en el área destinada para llevar a cabo el CUSTF se utilizó la metodología de la curva de acumulación de especies. Para estimar la riqueza esperada en el tipo de vegetación presente en las superficies de CUSTF y generar la curva de acumulación de especies, se utilizó el software “EstimateS 9.1” (Colwell, 2013) y se graficaron únicamente aquellos estimadores con mejor ajuste y que reflejan la riqueza real con menor sesgo (ACE, Chao 1 y Bootstrap) (Bautista et al., 2013). Los resultados indicaron que la riqueza de especies registrada para el área del proyecto fue de 27 taxa, mientras que la riqueza potencial esperada por cada uno de los estimadores seleccionados se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XVII—7. Resultados de los estimadores no paramétricos de riqueza potencial utilizados para las superficies de CUSTF

Sitios de muestreo	Especies observadas	Especies esperadas		
		ACE	Chao 1	Bootstrap
1	8.4	10.46	10.1	8.22
2	12.69	15.37	15.79	14.66
3	15.83	18.33	19.14	18.53
4	18.35	20.17	20.34	21.31
5	20.42	21.93	22.14	23.63
6	22.16	23.81	24.28	25.91
7	23.63	25.35	25.97	27.61
8	24.89	26.44	27.28	28.91
9	26	27.57	28.43	30.19
10	27	28.37	29.25	31.18

También se aprecia que la curva de acumulación de la riqueza observada se encuentra dentro de los intervalos de confianza ($\alpha=0.05$), por lo cual se puede tener certeza de que el muestreo fue significativo.

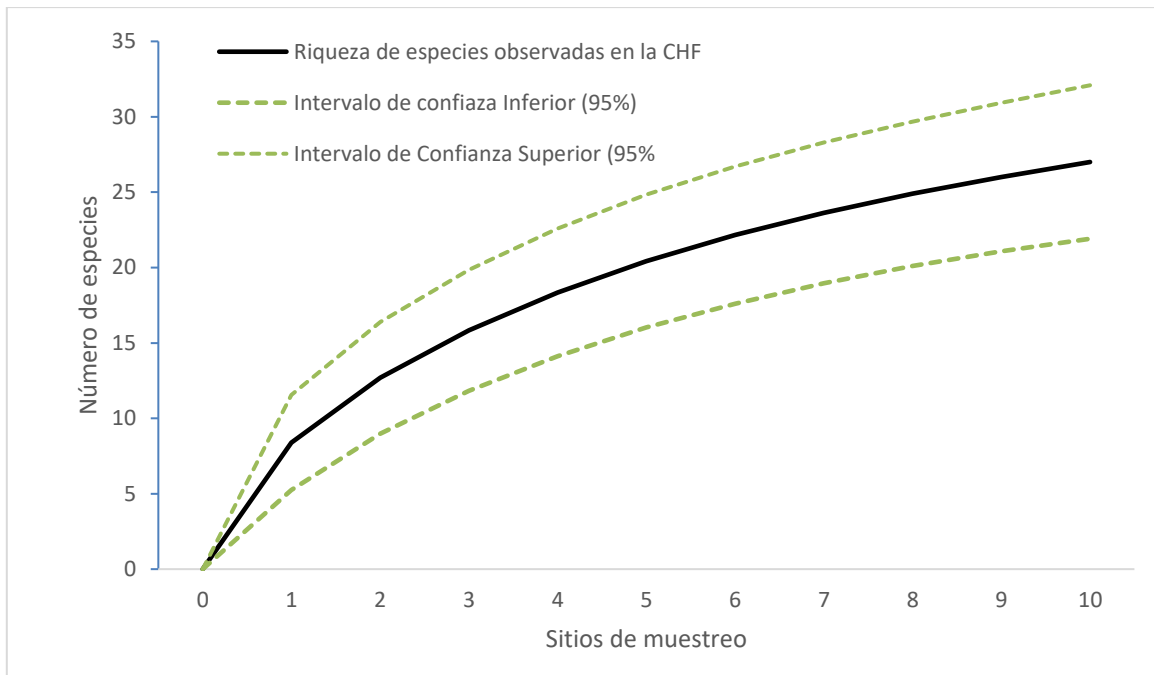


Figura XVII—12. Curva de acumulación de especies observadas e intervalos de confianza al 95% para las superficies de CUSTF

La tendencia de la curva de acumulación de especies realizada para las superficies de CUSTF permite señalar que, con los puntos de muestreo establecidos, se tiene una representatividad promedio del 91.4% de las especies potencialmente estimadas. Esto sustenta que el esfuerzo de muestreo realizado en este estudio fue robusto y estadísticamente confiable, de manera que registró un número adecuado de las especies que albergan las superficies de CUSTF.

Tabla XVII—8. Eficiencia del esfuerzo de muestreo mediante estimadores no paramétricos calculada en las superficies de CUSTF

Estimador de Riqueza	Especies		Eficiencia del muestreo (%)
	Observadas	Esperadas	
ACE	27	28.37	95.2
Chao 1	27	29.25	92.3
Bootstrap	27	31.18	86.6
Promedio			91.4

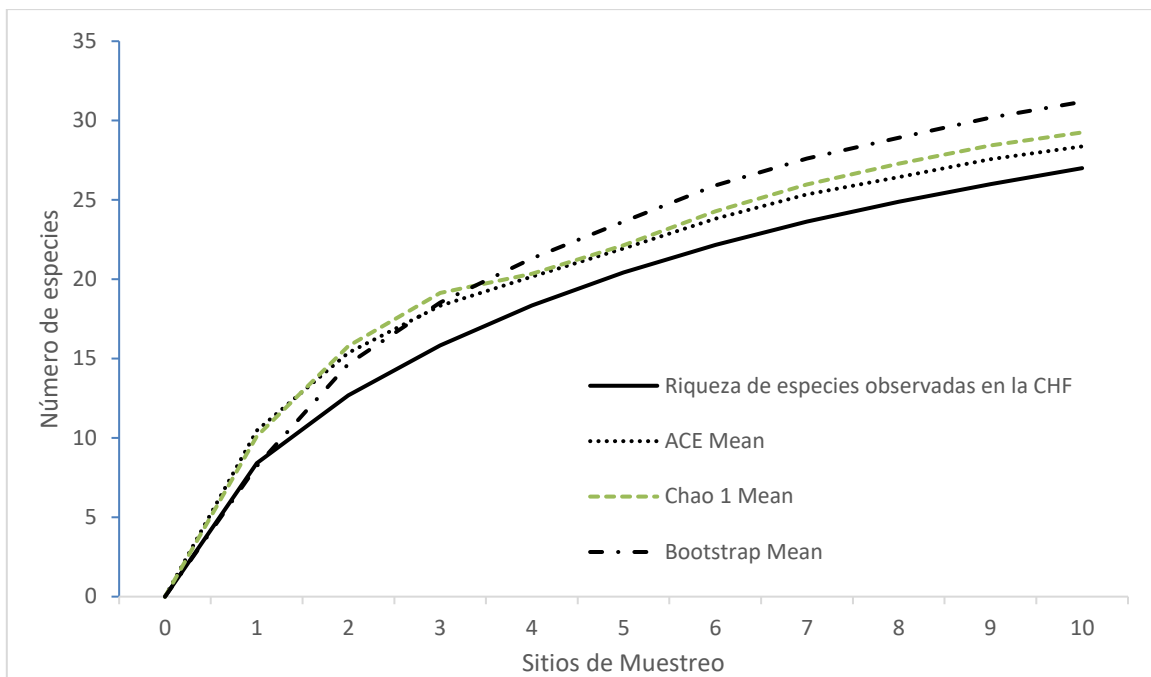


Figura XVII—13. Curva de acumulación de especies registradas y estimadas para las superficies de CUSTF mediante estimadores no paramétricos

XVII.4.2 Intensidad de muestreo

A su vez, para determinar en forma complementaria el nivel de confiabilidad estadística del número de sitios requeridos por tipo de vegetación, se calculó la intensidad de muestreo (Romahn y Ramírez, 2010).

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. La intensidad o fracción de muestreo se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

donde:

IM= Intensidad de muestreo

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

En las siguientes tablas se presenta la intensidad de muestreo utilizada para el levantamiento de información de la asociación de vegetación forestal que será

sometida a materia de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) de acuerdo con el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), así como los parámetros estadísticos requeridos para su cálculo y los resultados obtenidos del mismo.

Tabla XVII—9. Intensidad de muestreo dentro de las superficies requeridas para el desarrollo de CUSTF

Clave	Uso de suelo y/o vegetación muestreado	Superficie (ha)	Intensidad de muestreo (IM)	Superficie de muestreo realizada (ha)	No. de sitios de muestreo (0.10 ha)	
					Propuestos	Levantados
BE	Bosque de Encino	17.16	5.83%	1.0	8	10

Tabla XVII—10. Cálculo de los parámetros estadísticos para estimar la intensidad de muestreo

Parámetro	Bosque de encino
Media	
Media=	144
S²=Varianza $\Sigma(x-\bar{x})^2 / n-1$	
S ² =	922.44
Desviación Estándar $S = \sqrt{S^2}$	
S=	30.372
Coeficiente de Variación (CV) $CV = S / \bar{Vx} * 100$	
CV=	21.092
CV ² =	444.852
Error estándar (SV) $SV = \sqrt{[(S^2) (1 - (n/N))]}$	
SV=	28.813
Error estándar Porcentual (N\bar{x}) por 100.	
%=	20.009
IM %	
IM % =	5.83
Número de sitios necesarios (NS) $(t^2 * CV) / (1+(E\%^2 + (t^2 * CV^2)/N)$	
NS=	8.4876
t=	1.943
t ² =	3.7752
Error del Muestreo $t(CV)/\sqrt{n}$	
E%=	4

Tabla XVII—11. Resultados de los parámetros estadísticos calculados para el bosque de encino para la estimación de la intensidad de muestreo

Parámetro	Bosque de encino
t-Student	1.943
Confiabilidad %	95
Error de muestreo	4
Superficie (ha)	17.16
Tamaño de la población (N)	171.6
Intensidad de muestreo prefijada %	5.83%
Tamaño de muestra (pn)	7
Resultados:	
Media de individuos / sitio (N \bar{x})	144.00
Varianza (S ²)	922.44
Desviación estándar (S)	30.37
Coeficiente de variación (CV)	21.09
Error estándar (SV)	28.81
Error de Muestreo (%)	4
Intensidad de muestreo %	5.83
Sitios para muestrear (nS)	8
Sitios realmente levantados	10

Romahn y Ramírez (2010) establecen que en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del orden de 1.0%, 0.5% y 0.1%, dependiendo de varios factores: superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etc.; lo cual indica que, con el esfuerzo de muestreo realizado para el tipo de vegetación en el área de CUSTF, se cumple con la intensidad de muestreo establecida para inventarios forestales.

XVII.4.2.1 Tamaño y forma de los sitios de muestreo

Considerando que el área solicitada para el CUSTF ocupa una superficie de 17.16 en la cual se inserta un tipo de vegetación identificado como bosque de encino, el tamaño y forma de los sitios de muestreo tuvieron las mismas características a los utilizados en la CHF del proyecto. Lo anterior para que los datos obtenidos fueran estadísticamente comparables.

Se levantaron sitios de muestreo circulares de 17.84 m (0.1 ha) de radio, utilizando una cuerda compensada para aquellos sitios donde la pendiente era irregular (Medina, 1983); esto para obtener información sobre las características de la estructura y composición de cada uno de los usos de suelo identificados como forestales. Se identificaron las especies arbóreas y se midieron las variables dasométricas de altura y diámetro normal (DN a 1.30 m); esto último únicamente para aquellos individuos que presentaron un diámetro mayor a 7.5 cm.

Para cuantificar de la vegetación arbustiva y herbácea en cada sitio de muestreo, se tomaron datos de las especies como: abundancia, altura y cobertura. Se utilizaron cuadros empotrados de 4x4 m para medir la vegetación arbustiva y de 1x1 m para la herbácea (Oosting, 1956; Mostacedo y Fredericksen, 2000). Se recolectaron ejemplares vegetales en prensas botánicas de aquellas especies que no pudieron identificarse en campo para su posterior identificación hasta nivel de especie. La identificación se llevó a cabo con la ayuda del herbario “Hortorio Chapa” del Colegio de Postgraduados.

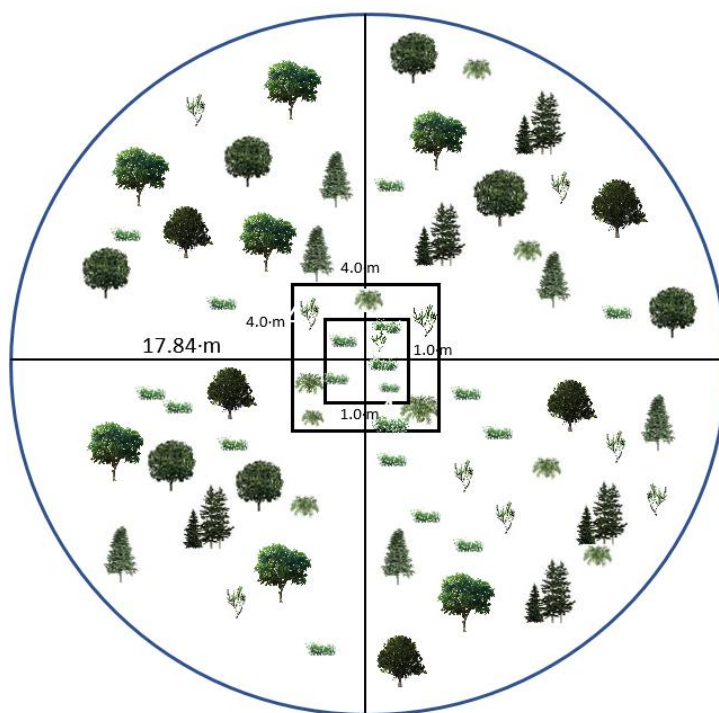


Figura XVII—14. Método de muestreo para el levantamiento de información de campo para la CHF y para las superficies de CUSTF

De acuerdo con la estructura y composición de las especies que se desarrollan en la asociación de vegetación a afectar con el CUSTF, se puede realizar una clasificación por estratos: superior (arbórea), intermedia (arbustiva) e inferior (herbácea). Sin embargo, cabe precisar que existe una baja tasa de recambio de especies entre estratos, de manera que una alta proporción de taxa del estrato arbustivo se encuentran en estado juvenil y en transición a convertirse en árboles y ser parte del estrato arbóreo; lo mismo sucede en el estrato herbáceo, en el cual se entremezclan algunas especies de crecimiento herbáceo con renuevos de las especies del estrato arbóreo y arbustivo. Por lo tanto, dentro de los datos mostrados en este estudio, se pueden encontrar las mismas especies en los diferentes estratos, principalmente arbustivo y herbáceo.

XVII.4.3 Análisis de la información

El análisis de la información colectada se realizó conforme a lo descrito para la CHF; sin embargo, se presenta nuevamente para tener presente todos los atributos a evaluar.

Especies en riesgo: La revisión del estatus de especies bajo categorías de protección se realizó conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010 última actualización de 2019). Con los resultados obtenidos del levantamiento de información florística, se registró únicamente **una especie enlistada en esta norma (NOM-059-SEMARNAT-2010)**, se trata de *Tilia americana L. var. mexicana*, la cual ha sido considerada como una especie En Peligro de Extinción, y la cual es también considerada endémica para el país (Villaseñor, 2016).

Vale la pena resaltar que, la ubicación de los individuos de esta especie ha sido georreferenciada, y no serán susceptibles de afectación por las actividades de CUSTF; de hecho, se ha designado un polígono de 2,000 m² para la protección *in situ* de un grupo de individuos de esta especie.

También se calcularon algunos parámetros ecológicos para poder explicar la estructura y composición de especies presentes en las superficies de CUSTF necesarias para el proyecto:

Estructura de la vegetación: Para analizar la estructura se calculó la densidad de árboles y el área basal por hectárea; además, se presentaron los valores promedio para el diámetro y la altura. Esta información se presentó únicamente para el estrato arbóreo debido a que es el único que presenta información del diámetro normal para el cálculo del área basal.

Determinación taxonómica del material vegetal: Se consultó literatura especializada (McVaugh, 1985; Rzedowski, 2018) para conocer la riqueza vegetal registrada para el área de estudio previo a la salida de campo. Con base en la lista florística generada a partir de dicha revisión, el material botánico presente en las

superficies de CUSTF se determinó en campo principalmente a nivel de especie y, en los casos en los que únicamente se logró identificar a nivel de género, se procedió a coleccionar por duplicado para su posterior determinación en el Herbario Hortorio “CHAPA” del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. El sistema nomenclatural utilizado se basó en Tropicos.org. del Missouri Botanical Garden <http://www.tropicos.org>.

Riqueza de especies: Contabilizada como el número total de taxa registrados en los sitios de muestreo (S).

Diversidad de especies: La diversidad considera tanto al número de especies como la proporción (repartición) de individuos de cada especie (abundancia relativa o equidad) existente en un lugar determinado (Magurran, 2004). Se decidió utilizar el Índice de Shannon-Wiener (H') ya que es uno de los estimadores más comunes y citados en la literatura. Además, es un índice no paramétrico que se basa en la abundancia proporcional de especies y, por lo tanto, muestra mayor sensibilidad a las alteraciones en la abundancia de especies con menor densidad, también llamadas raras (Shannon y Weaver, 1964; Moreno, 2001). Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5: valores inferiores a 2 se consideran bajos, superiores a 3 son altos, en tanto algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más (Magurran, 2004; Magurran y McGill, 2011).

También se obtuvo la Equidad de Pielou (J'), el cual compara el índice Shannon-Wiener contra la distribución de individuos entre las especies observadas que deberían maximizar la diversidad; de manera que si H' es el índice Shannon-Wiener observado, el valor máximo que este índice podría tomar es el $\log(S)$, donde S es el número total de especies en el hábitat (Magurran y McGill, 2011). Para obtener estos estadígrafos, se empleó el programa “Species Diversity and Richness 4.1.2” (Seaby y Henderson, 2006).

Densidad absoluta y relativa (D_a y D_r): La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie, principalmente cuando las formas de

crecimiento facilitan el conteo independiente de cada individuo. La densidad absoluta es el número de individuos de una especie “i” presente en un área determinada (individuos por unidad de superficie); para este caso, se consideró al nivel de hectárea tipo. La densidad relativa se refiere a la proporción en número de individuos de una especie con relación a la densidad total, expresada en porcentaje.

Dominancia (Dom): La dominancia es considerada como el área que ocupa una especie, mientras que la Dominancia relativa (Dor) es el área que ocupa una especie con relación al resto de las especies. Es una medida que se expresa en porcentaje, y se calculó a partir de la estimación del área basal para individuos arbóreos y mediante la cobertura de copa para individuos arbustivos y herbáceos.

Frecuencia (F): La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad de muestreo, es decir, es el número de unidades de muestreo en la que una especie está presente. Por tanto, la Frecuencia relativa (Fr) pondera el número de veces en que es encontrada una especie con relación al resto de las especies y es una medida porcentual.

Índice de Valor de importancia (IVI): El índice de valor de importancia es el parámetro que mide el valor estructural de las especies con base en tres parámetros: dominancia relativa (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad relativa y frecuencia relativa. El índice de valor de importancia (IVI) es la suma de estos tres parámetros, calculado en forma total (300%) y relativa (100%) (Curtis y McIntosh, 1951; Begon *et al.*, 2005).

XVII.5 METODOLOGÍA DE MUESTREO DE FAUNA A NIVEL DEL ÁREA DEL PROYECTO

Se decidió utilizar a la fauna representada por los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) como grupo de trabajo sujeto a análisis en este proyecto, ya que son relativamente fáciles de muestrear y se han tipificado como excelentes indicadores de la estabilidad de una zona determinada. Posteriormente se desarrolló el trabajo de campo, cuyos métodos se describen brevemente más adelante.

El trabajo de campo se llevó a cabo en el Área del Proyecto (AP) denominado “*Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales para el Fraccionamiento Bosque Monarca*”. El esfuerzo de muestreo tuvo una duración de siete días efectivos, distribuidos del 18 al 24 de diciembre de 2022; el criterio principal para la selección y ubicación de los sitios de muestreo se fundamentó en el conocimiento práctico de los expertos en diferentes grupos taxonómicos, bajo la primicia de asegurar la completa representatividad de los tipos de vegetación presentes y de tener una duración estandarizada de los esfuerzos de muestreo en cada una de ellas.

Para la determinación de los vertebrados terrestres se realizaron transectos en franja, con el apoyo de binoculares, lámparas y guías de campo especializadas sobre los distintos grupos de vertebrados. También se realizaron recorridos diurnos y nocturnos a pie, para la obtención de registros directos (visuales y capturas) e indirectos (cantos, rastros de huellas, excretas, huesos, madrigueras, entre otros) de las especies de fauna silvestre presentes. De manera simultánea se preparó un catálogo fotográfico para la posterior verificación, o en su caso, identificación de los registros visuales obtenidos en el campo. Por otra parte, mediante el uso de GPS Etrex Garmin, se georreferenció (en UTM) la ubicación de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

XVII.5.1 Transecto en franja

El método de transecto de franja consiste en una unidad de muestreo rectangular muy larga y estrecha, que debe recorrerse a través de la línea central, tratando de registrar a todos los individuos dentro de la franja muestral de anchura $2W$, que representa el ancho efectivo en ambos lados de la línea del transecto. De acuerdo con Mandujano-Rodríguez (2011), la visibilidad es el principal factor que determina este ancho, y a su vez, la visibilidad es afectada por la cobertura vegetal, el relieve local, la hora (día, noche) y la técnica de muestreo empleada (a pie, caballo, vehículo terrestre o aéreo).

En la siguiente figura se ejemplifica un transecto en franja de 0.5 km de largo y 50 m de ancho ($L=500$ m; $2w= 25$ m) empleados en este estudio. En el esquema, los círculos negros representan los animales que no deben ser contabilizados y los asteriscos representan los animales que se deben contar.

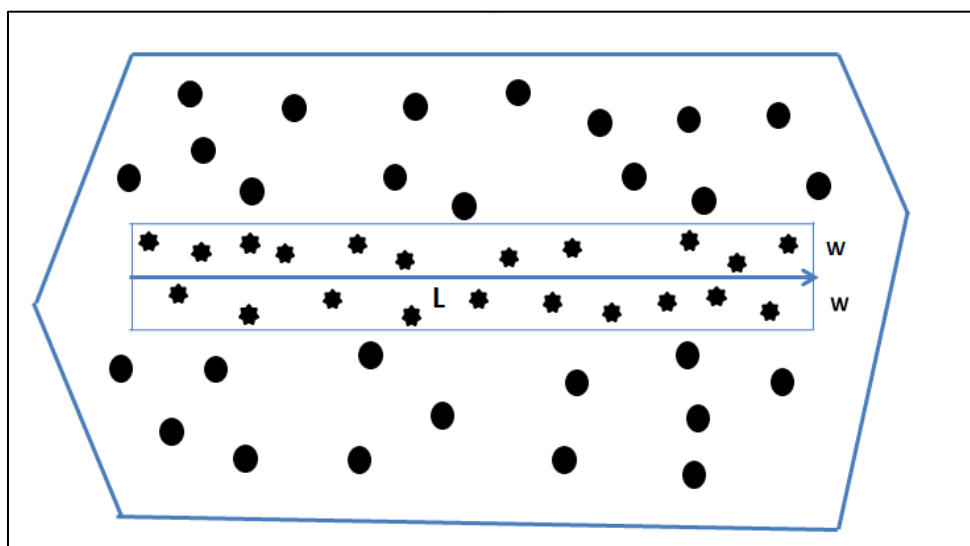


Figura XVII—15. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja

Las consideraciones usadas para este tipo de muestreo son las siguientes:

- Todos los individuos contenidos en el área muestreada tienen la misma probabilidad de ser detectados ($p = 1.0$).

- Cualquiera de los individuos está aleatoriamente distribuido sobre el área muestreada, o el transecto fue ubicado de manera aleatoria en el área.
- Todos los individuos (ambos sexos y todas las edades) tienen la misma probabilidad de ser ahuyentados. El avistamiento de un organismo no influye en el avistamiento de otros organismos.
- Ningún animal es contado más de una vez.

Este procedimiento de muestreo puede ser aplicado a animales de todos tamaños, en una variedad de hábitat. Incluso animales que ordinariamente están ocultos pueden ser contados si ellos son ahuyentados por el observador. Este método aporta información bastante confiable y puede ser utilizado para estimar índices de densidad poblacional.

No obstante, los principales factores que pueden afectar la aplicación de esta metodología son los siguientes:

- Que tan conspicuos o visibles son los individuos.
- Condiciones meteorológicas.
- Actividad de la especie en relación con la hora del día o estación del año.
- Conteos duplicados de individuos que se desplazan hacia adelante durante el recorrido del transecto después de ser ahuyentados.
- Variación en el efecto de la cobertura del hábitat para la detección de los individuos.

A continuación, se describen los métodos de campo empleados para el registro de los distintos grupos de vertebrados considerados en este estudio.

XVII.5.2 Metodología para registro de Herpetofauna

La búsqueda de anfibios y reptiles se realizó empleando un método de muestreo de transectos en franja a pie, utilizando las técnicas convencionales de recolecta descritas por Casas-Andreu *et al.* (1991). Dichas técnicas consisten en realizar una búsqueda en todos los microhábitats en los que se pueden llegar a encontrar estos organismos: debajo de rocas, troncos secos, dentro de agujeros en la tierra, sobre el suelo, arbustos y árboles. Los recorridos de búsqueda se realizaron en dos horarios, de 8:00 a 13:00 horas y de 16:00 a 20:00 horas, registrando todos los organismos observados en el transecto a través del método de conteo visual. Los muestreos realizados dentro del Área del proyecto (AP) siguieron los mismos métodos que se emplearían en los muestreos en la Cuenca Hidrológico Forestal (CHF) para poder hacer las respectivas comparaciones de composición de especies y abundancia al tenerlos homologados.

Para realizar una adecuada determinación taxonómica de las especies, así como para obtener fotografías de los individuos observados, fue necesaria la captura de algunos organismos. El método de captura dependió esencialmente del organismo a recolectar, pudiéndose tomar directamente con la mano o con ayuda de materiales como ganchos herpetológicos, ligas de plástico, pinzas de disección de 30 cm, sacos de manta y bolsas de plástico. Para cada uno de los ejemplares observados se tomaron los siguientes datos: nombre de la especie, fecha, coordenadas geográficas y tipo de vegetación en la que se encontró; además, se fotografiaron algunas de las especies observadas en la zona de estudio.

La determinación taxonómica de todas las especies observadas en los transectos de muestreo se realizó con la ayuda de literatura especializada y utilizando las claves taxonómicas de Flores-Villela *et al.* (1995).

XVII.5.3 Metodología para registro de Mastofauna

El muestreo de mamíferos se realizó mediante transectos en franja, en los cuales fue factible obtener registros directos de algunas especies, así como la ubicación de huellas y rastros que posteriormente fueron identificados con ayuda de literatura especializada (Aranda, 2000, Ceballos y Oliva, 2005).

Se colocaron 7 transectos de trampas tipo Sherman para la captura de roedores siguiendo los métodos convencionales de colecta científica descritos por Romero-Almaraz *et al.* (2000). En total, se colocaron 280 trampas en los transectos en línea, con una distancia de siete a 10 m entre las trampas, mismas que fueron cebadas con avena y vainilla. Los ejemplares capturados fueron identificados con ayuda de claves especializadas (Hall, 1981; Ceballos y Oliva, 2005) y posteriormente se liberaron en el mismo lugar de su captura.

Para el registro de mamíferos medianos y grandes se realizaron transectos en franja a lo largo de senderos naturales y brechas con el fin de coleccionar e identificar rastros (huellas, excretas, pelo y cráneos) y, además, obtener observaciones directas. Estos transectos sirvieron también para conocer el terreno y así seleccionar los sitios donde se colocaron las trampas tipo Tomahawk y las cámaras trampa.

Se colocaron cuatro trampas tipo Tomahawk cebadas con sardina para la captura de mamíferos medianos; éstas fueron instaladas sobre el transecto en franja y los senderos de animales o en la proximidad de las madrigueras registradas.

El fototrampeo, se utilizó para obtener registros de las especies de mamíferos crípticas o raras que, por sus características o hábitos, son difíciles de capturar y no es común detectarlos (Maffei *et al.* 2002; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011); este método consiste en utilizar cámaras provistas de sensores que obturan de manera automática al detectar el movimiento de un cuerpo o una temperatura diferente a la del ambiente.

Se colocaron cuatro cámaras trampa (modelo LTL Acorn y Cuddeback) dentro del AP en sitios donde se observaron rastros de mamíferos, tales como: huellas, heces, restos de alimentación, o bien, en la proximidad de madrigueras y en aquellos senderos potencialmente utilizados para el desplazamiento de distintas especies de mamíferos. Las cámaras trampa fueron instaladas en troncos de árboles o estacas, a una altura aproximada de 30 a 40 cm del suelo, dependiendo del tipo de terreno y su pendiente.

Como parte de la preparación del sitio, se removieron las ramas o malezas que pudieran interferir con la operación de las cámaras y posteriormente el área fue cebada con sardina enlatada. Para el caso de registros por medio de fototruampas, se consideró como un sólo individuo a todas las fotografías tomadas de una especie dentro de un ciclo de 24 horas (Botello, 2004).

Para captura de murciélagos se colocaron redes de niebla, las cuales consisten en una malla o red tejida que puede ser de nailon o poliéster. Estas redes se sostienen y extienden a través de varas o tubos de aluminio que se ubican a los extremos de la red, los cuales son fijados mediante cuerdas a árboles cercanos, troncos o rocas ancladas al suelo. Las redes de niebla varían de acuerdo con su longitud, ancho, amplitud de luz de malla y número de bolsas que cuelgan de la red. La luz de los orificios que componen la red y las bolsas que se forman permite la captura de murciélagos al enredarse en la malla.

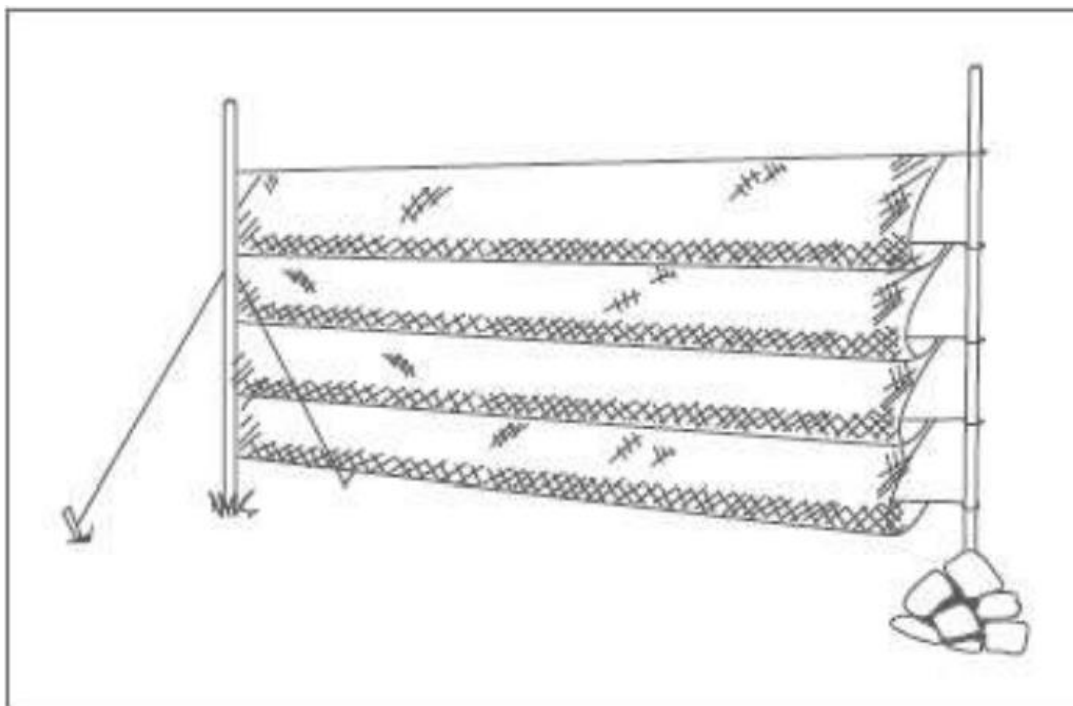


Figura XVII—16. Red de niebla instalada a nivel de sotobosque (tomado de Nagorsen y Peterson, 1980)

Para determinar el lugar más adecuado y conveniente para la instalación de las redes de niebla, se consideraron las condiciones del terreno, tipos de hábitat de la zona, posibles caminos o rutas que pueden seguir las especies de interés durante el vuelo, fuentes de recursos, áreas de descanso y protección cercanas, espacios que puedan servir como potenciales fuentes de recursos para los murciélagos como zonas con agua o árboles en temporada de fructificación.

Previo a la instalación de las redes de niebla se realizó una limpieza y adecuación del lugar en el que fueron instaladas. Las redes de niebla se colocaron de forma distanciada, procurando cubrir la mayor cantidad de área posible en el lugar de captura y cambiando las redes de dirección y ubicación con el fin de evitar recapturas de individuos y la identificación de las redes por parte de los organismos.

Durante el trabajo de campo, se colocaron tres redes de niebla de 12 metros de longitud y dos metros de altura en tres transectos del AP. El horario de colocación fue poco antes del inicio de actividad crepuscular y nocturna de los murciélagos, alrededor de las 18:00 hrs; una vez instaladas, se dejaban colocadas durante los picos de mayor actividad de murciélagos. El monitoreo de las redes para verificar la captura de ejemplares se hacía en intervalos de tiempo no mayor a 30 minutos con el fin de evitar que se enredaran demasiado y minimizar el estrés de los animales.

Los individuos capturados en las redes fueron removidos con mucho cuidado a fin de evitar dañarlos. Es importante usar guantes de cuero, dado que algunas especies de murciélagos son potenciales vectores de la rabia (Constantine, 2009 citado en Bracamonte, 2018). Para la remoción de murciélagos se usó la metodología descrita por Jones *et al.* (1996), que consiste en identificar el lado de la red por el cual ingresó (estirando la red por ambos lados) y ejecutar la remoción por ese mismo lado. Iniciar por desenredar las patas y la cola, luego el cuerpo y, por último, la cabeza y las alas (Jones *et al.*, 1996; Finnemore y Richardson, 2004).

La siguiente figura ilustra la secuencia de extracción de un murciélago de la red. A) Murciélago atrapado en bolsa de niebla de neblina. B) Bolsa de la red abierta para exponer el murciélago capturado. C) Cola y patas traseras de murciélago despejadas de la red. D) Cuerpo de murciélago firmemente sostenido y red retirada de un ala extendida. E) Cuerpo de murciélago y un ala libre agarrada para evitar enredos. F) Ala restante removida de la red.

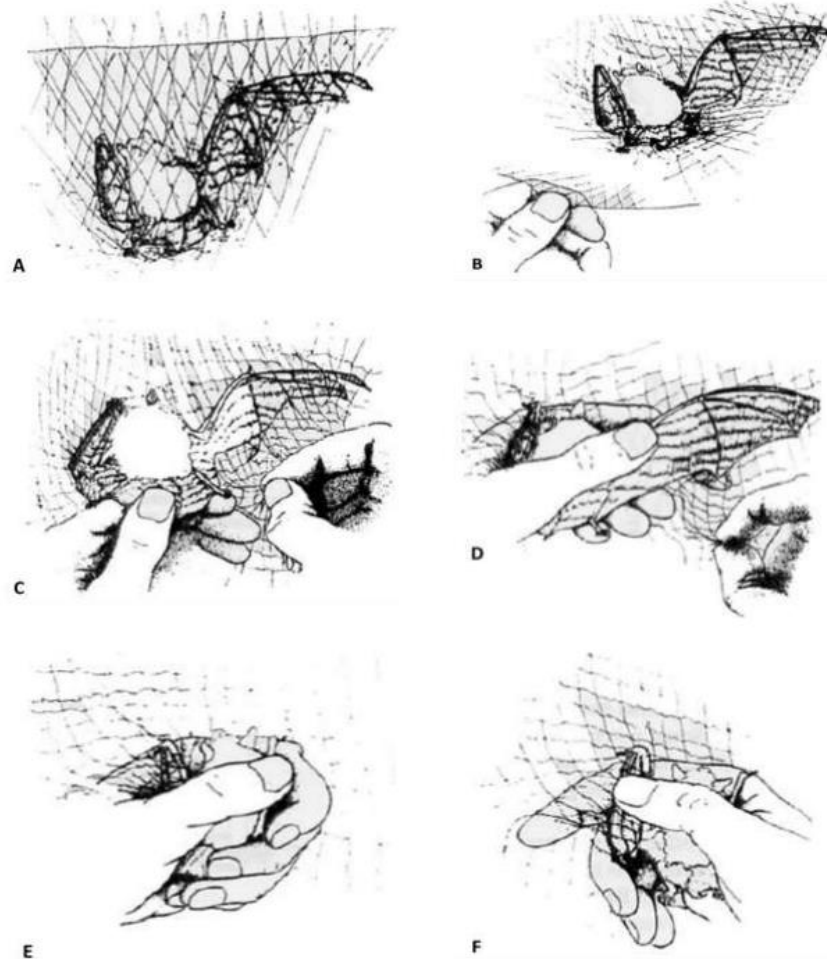


Figura XVII—17. Secuencia de extracción de un murciélago de la red

Una vez extraídos los murciélagos de la red, se procedió a la toma de datos morfométricos para su identificación por medio de guías especializadas y se determinó el sexo de los ejemplares capturados con base en la presencia de genitales en machos (Racey 1988). Luego de la toma de fotografías, se realizó la liberación de ejemplares cerca de los mismos sitios de captura.

El arreglo taxonómico de los ejemplares registrados se realizó con base en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al.* (2005), mientras que los nombres comunes de los mamíferos se tomaron como referencia del libro de Ceballos y Oliva (2005). Para los roedores se utilizaron los trabajos de Hall (1981), Ceballos y Oliva (2005);

para la identificación de los rastros de mamíferos medianos y grandes, se empleó la guía de Aranda (2000).

A continuación, se presentan las coordenadas y ubicación de los diferentes tipos de trampas para registro de mamíferos en el AP. En caso de las trampas Sherman, se registró la coordenada de inicio y fin del transecto.

Tabla XVII—12. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas para registro de mamíferos en el AP

Transecto en el AP	Tipo de Trampa	Coordenadas inicio (decimales o UTM)		Coordenadas finales (decimales o UTM)	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
1	Sherman	272549	2172410	272578	2172327
2	Sherman	272801	2172373	272886	2172340
3	Sherman	273247	2172139	273305	2172126
4	Sherman	272989	2171969	273050	2171925
5	Sherman	272538	2171884	272550	2171989
6	Sherman	273007	2172093	272913	2172046
7	Sherman	272604	2171804	272618	2171863
3	Tomahawk	273236	2172143		
5	Tomahawk	272523	2171726		
6	Tomahawk	273027	2172102		
7	Tomahawk	272657	2172009		
2	Fototrampa	272985	2172301		
3	Fototrampa	273202	2172149		
4	Fototrampa	273104	2171878		
7	Fototrampa	272675	2172088		
1	Red de niebla	272540	2172428		
2	Red de niebla	273074	2172266		
3	Red de niebla	273182	2172160		

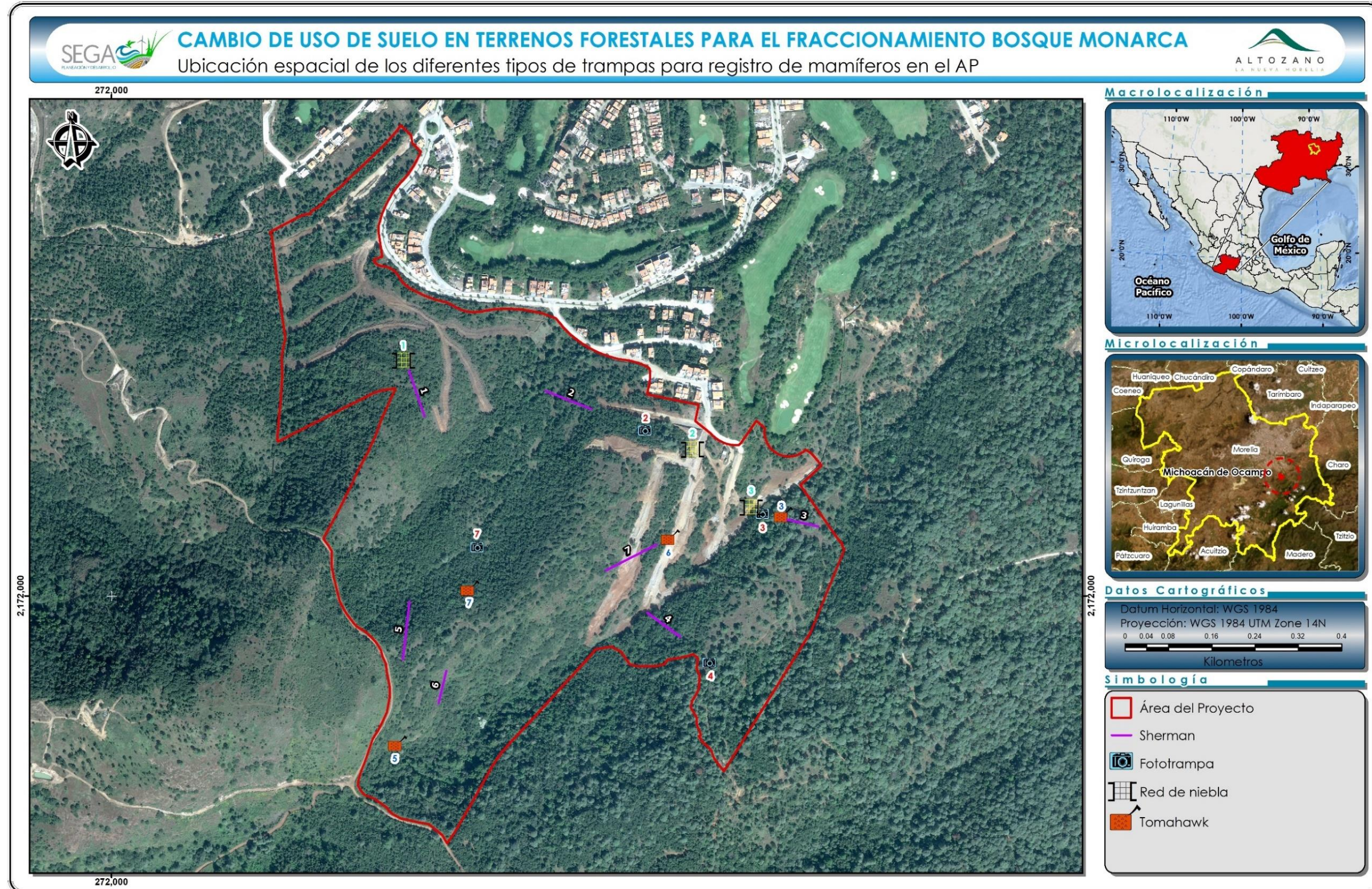


Figura XVII—18. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas utilizadas para el registro de mamíferos en el AP

XVII.5.4 Metodología para registro de Avifauna

El muestreo de la avifauna se llevó a cabo mediante registros visuales y auditivos; además se obtuvieron registros fotográficos (Nikon D3000 con telefoto Sigma 150-500 mm) que permitieron confirmar la identificación de algunas especies. Para la obtención de los datos de diversidad, se emplearon puntos de conteo intensivos (Ralph *et al.* 1995). Los puntos de conteo se llevaron a cabo en los transectos previamente determinados; las observaciones se hicieron con ayuda de binoculares (10 x 42 Eagle Optics), y los registros se efectuaron entre las 7:00 y 13:00 hrs, y de 17:00 a 21:00 hrs, abarcando así los dos picos de mayor actividad de las aves.

Para la identificación de las aves, así como para determinar su estatus de residencia, se utilizaron las guías de campo de Howell y Webb (1995), Sibley (2000) y las de National Geographic Society (2008); los registros auditivos que también permitieron la identificación de algunas especies de aves fueron cotejados en la base de datos de Xenocanto (<http://www.xeno-canto.org/>). El endemismo se determinó con base en el trabajo de González-García y Gómez de Silva (2003). Las especies registradas fueron catalogadas de acuerdo con la última actualización de la American Ornithologist Union (2018).

A continuación, se muestran algunas fotografías de los métodos implementados para obtener un inventario de los vertebrados al interior del predio o área del proyecto.



Personal de SEGA durante la búsqueda diurna de herpetofauna



Búsqueda nocturna de herpetofauna en el AP



Manipulación de anfibio a cargo de personal de SEGA



Técnica de sujeción de reptil a cargo de personal de SEGA



Equipo y material utilizado para inventario de mamíferos pequeños



Preparación de cebo para trampas Sherman



Colocación de trampa Sherman en uno de los transectos de muestreo en el AP



Recolección de trampa Sherman



Cebando trampa Tomahawk para mamíferos medianos



Trampa Tomahawk colocada para captura de mamíferos medianos



Captura de murciélago con red de niebla



Liberación de murciélago de la red de niebla



Vista ventral del murciélago capturado



Programación y configuración de cámara trampa



Colocación de cámara trampa



Vista de la cámara trampa colocada para registro de
fauna silvestre



Observación de aves con binoculares



Ejemplar de ave observada



Personal de SEGA en busca de aves con ayuda de binoculares



Personal de SEGA obteniendo registros fotográficos de aves

XVII.5.5 Tamaño de muestra para el AP

Los transectos pueden ser ubicados de manera sistemática o aleatoria; para el caso del muestreo realizado en la Cuenca hidrológica forestal, se eligió hacerlo de manera aleatoria. Se realizaron un total de siete transectos con una longitud de 500 metros (L) por 50 metros de ancho (2w), sumando una superficie total muestreada para el AP de 17.5 has aproximadamente.

Tabla XVII—13. Transectos utilizados para el monitoreo de fauna silvestre en el AP

Coordenadas Transectos AP			
Coordenadas UTM Z14N WGS 84			
Punto	Zona	X	Y
T1 Inicial	Área del Proyecto	272,432.04	2,172,740.01
T1 Final	Área del Proyecto	272,588.14	2,172,299.46
T2 Inicial	Área del Proyecto	272,711.47	2,172,409.49
T2 Final	Área del Proyecto	273,164.43	2,172,234.30
T3 Inicial	Área del Proyecto	272,846.11	2,172,251.25
T3 Final	Área del Proyecto	273,319.16	2,172,122.90
T4 Inicial	Área del Proyecto	273,192.69	2,171,821.59
T4 Final	Área del Proyecto	272,784.18	2,172,120.84

Coordenadas Transectos AP			
Coordenadas UTM Z14N WGS 84			
Punto	Zona	X	Y
T5 Inicial	Área del Proyecto	272,565.37	2,172,137.84
T5 Final	Área del Proyecto	272,517.69	2,171,676.82
T6 Inicial	Área del Proyecto	272,705.60	2,171,944.68
T6 Final	Área del Proyecto	273,158.75	2,172,169.38
T7 Inicial	Área del Proyecto	272,592.68	2,171,758.03
T7 Final	Área del Proyecto	272,714.21	2,172,253.30

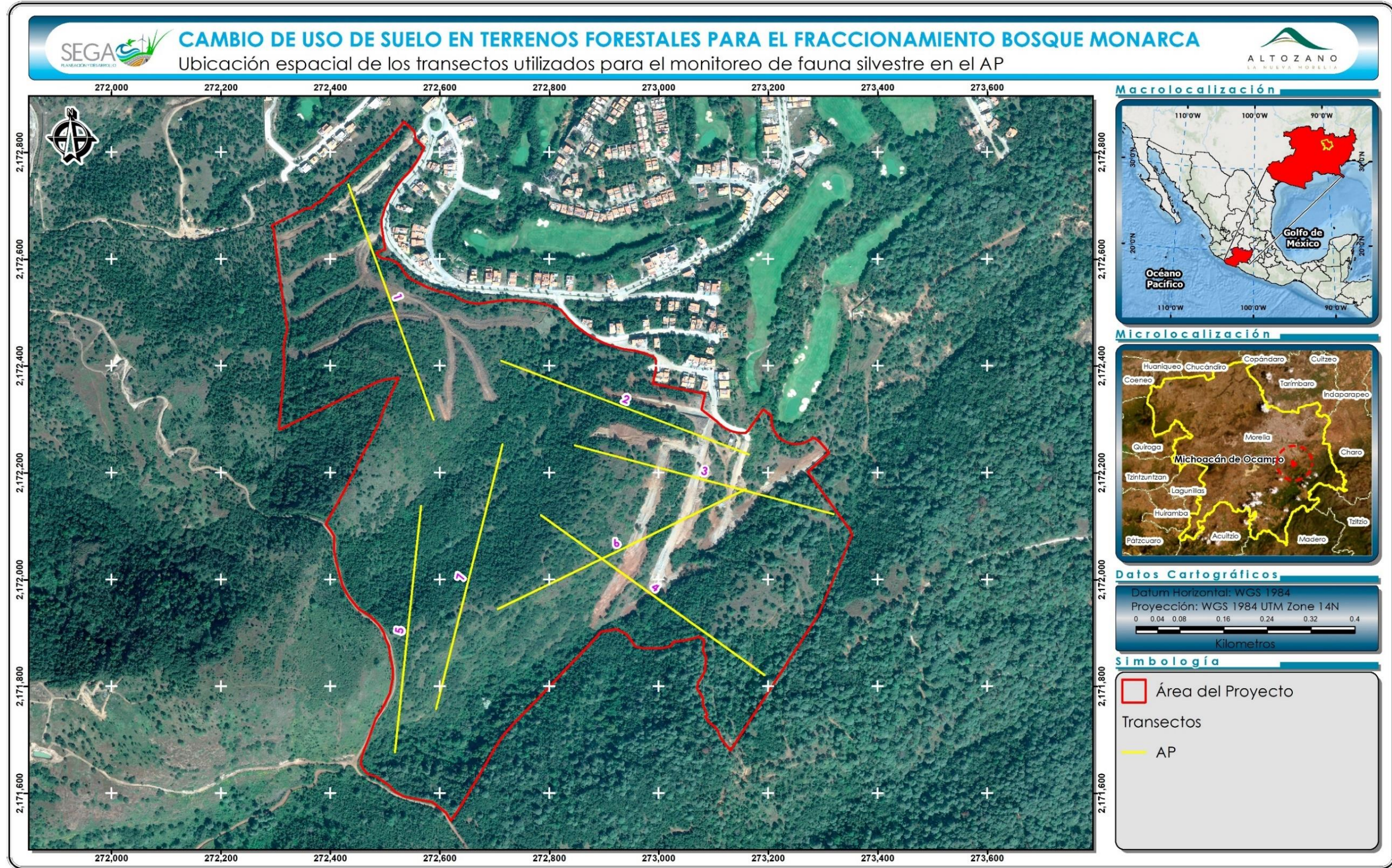


Figura XVII—19. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de campo en el AP

XVII.5.6 Trabajo de gabinete

La información obtenida en campo se sistematizó en hojas de cálculo, siguiendo un orden sistemático y diferenciando entre las especies e individuos observados en cada día de trabajo. Posteriormente, para determinar la riqueza de especies esperadas en el AP, se emplearon estimadores de riqueza que permiten calcular el número de especies que existen en un área determinada basándose en el número de especies detectadas en unidades de esfuerzo estandarizadas (días). Estos análisis que, además, revelan mediante las curvas de acumulación la cantidad de esfuerzo que haría falta para detectar a la totalidad de especies dentro del área delimitada, fueron realizados de acuerdo con los modelos clench y exponencial empleando el *programa Species Accumulation Vers. β* (Díaz-Francés y Soberón 2005) a partir de los datos obtenidos por cada día de trabajo de campo.

En la abundancia de las especies se implementó un índice de frecuencia relativa, que consiste en determinar el número promedio de individuos de cada especie observados en un día de trabajo de campo y que se representa de manera porcentual con respecto al total de individuos de las diferentes especies observado durante el total invertido en el trabajo de campo.

Para establecer cuáles de las especies de fauna silvestre registradas durante los muestreos de campo corresponden con especies protegidas por la legislación nacional, se contrastó el listado sistemático elaborado con la lista de especies en riesgo que se presenta en el Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actualización de 2019. Dado que las autoridades taxonómicas (a nivel mundial) realizan actualizaciones periódicas en sus sistemas de clasificación y nomenclatura, mismas que no pueden ser actualizadas con la misma agilidad en la citada Norma, fue necesario rastrear los cambios taxonómicos recientes de un elevado número de especies, para poder así determinar si éstas poseían algún estatus de protección oficial.

Adicionalmente, se determinó el grado de endemismo de la comunidad de vertebrados registrada durante los muestreos de campo. Es importante recordar que las especies endémicas son aquellas cuya distribución se encuentra restringida a una región geográfica determinada —y no se encuentra en ningún otro lugar—, que en el caso del presente estudio se refiere a los límites geopolíticos de la república mexicana.

La importancia del reconocimiento de las especies endémicas se debe a que su sobrevivencia en estado silvestre dependerá de las estrategias de conservación que se implementen específicamente en la región geográfica a la que están restringidas. En vista de la importancia que puede tener para la preservación de las especies el reconocimiento de su endemismo, se han propuesto otras dos categorías emparentadas que han sido utilizadas en el presente estudio: las especies cuasiendémicas y semiendémicas.

Las especies cuasiendémicas son aquellas cuya distribución queda casi completamente circunscrita a un país, pero existen pocas localidades marginales en algún otro país vecino donde también se distribuye la especie, lo cual se debe a la continuidad de los hábitat o sistemas orográficos que van más allá de las fronteras geopolíticas. De manera adicional, se ha propuesto la categoría de especies semiendémicas para designar a aquellas especies que son endémicas a un país una región durante una determinada época del año y que, de acuerdo con González-García y Gómez de Silva (2003), merecen la misma prioridad de conservación que las especies endémicas.

XVII.6 ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA CUENCA HIDROLÓGICA FORESTAL

La pérdida de suelo por erosión hídrica deriva en un grave problema medioambiental a nivel global ya que contribuye intensamente a la pérdida de productividad y biodiversidad de los suelos en todo el planeta. Los territorios mexicanos, debido al relieve, climatología y tipos y manejo de suelos se ven, en su mayoría, afectados por este proceso. En el presente apartado se analizan mediante la implementación de la ecuación universal de pérdidas de suelo revisada (USLE) en un SIG los niveles de erosión potencial en la CHF donde se desarrollará el Proyecto. Para este ejercicio se tomó como base el trabajo realizado por Martínez (2005), Montes-León *et al.* (2011), así como el publicado por Bolaños *et al.* (2016).

No existe información específica sobre el grado de erosión a nivel de la CHF; sin embargo, la información con la que se cuenta sobre los tipos de suelo, pendiente y precipitación media anual fueron incorporadas como variables para realizar en este DTU-A un modelo con base en la ecuación USLE y representadas gráficamente en un SIG.

De acuerdo con Mannaerts (1999), el USLE puede ser usado apropiadamente para:

- Predecir pérdida de suelo promedio a largo plazo de condiciones de campo específicas, usando un sistema específico de manejo.
- Para predecir erosión entre surcos y en surcos, en pastos, cultivos y sitios en construcción.
- La pérdida de suelo calculada por el modelo es la cantidad de sedimento perdido por el perfil, no la cantidad de sedimento que deja la cuenca o el terreno.
- El perfil del paisaje es definido por una longitud de la pendiente, la cual es la longitud del origen del flujo superficial hasta el punto donde el flujo

alcanza una mayor concentración o área de deposición, como en las pendientes cóncavas y cerca de los límites del terreno.

- Para estimar las tasas de erosión que son removidas del suelo, de partes críticas del paisaje y que guían a la elección de las prácticas de control de la erosión hasta un nivel de pérdida de suelo tolerable.

La ecuación universal de pérdida de suelo revisada tiene la siguiente expresión matemática (Mannaerts 1999):

$$A = R * K * LS * C$$

A = Pérdida de suelo promedio anual en [t/ha/año]

R = Factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha*mm/hr]

K = Factor erodabilidad del suelo en [t/ha.MJ*ha/mm*hr]

LS= Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), adimensional

C = Factor ordenación de los cultivos (cubierta vegetal), adimensional

El método para determinar la pérdida de suelo requirió de la preparación de cuatro mapas intermedios (uno por cada factor) que se mencionan a continuación, mismos que fueron multiplicados mediante un Sistema de Información Geográfica (GIS), para obtener un mapa final de las áreas potenciales con riesgo de erosión hídrica (Figura IV-25).

- **Factor R:** Mapa de erosividad de las lluvias.
- **Factor K:** Mapa de erodabilidad del suelo.
- **Factor LS:** Mapa topográfico.
- **Factor C:** Mapa de uso de suelo y vegetación.

Para el mapa de erosión hídrica se utilizaron cuatro rangos para clasificar el grado de pérdida de suelo, los cuales van desde una pérdida de suelo nula, de menos de 10 t ha⁻¹ a⁻¹, a alta, de más de 200 t ha⁻¹ a⁻¹ (Tabla XVII—14).

Tabla XVII—14 Clasificación de los rangos de erosión hídrica, aplicando la ecuación USLE, para la interpretación de los mapas

Clasificación	Rango de pérdida de suelo (t ha ⁻¹ año ⁻¹)
Nulo	El rango equivale a una pérdida de suelo de menos de 10.
Bajo	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 10.1 y 50.
Medio	El rango equivale a una pérdida de suelo entre 50.1 y 200.
Alto	El rango equivale a una pérdida de suelo mayor de 200.

A través de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, se elaboraron los mapas para la estimación de cada uno de los factores de la ecuación USLE (presentes en el Capítulo IV). Finalmente, mediante una multiplicación de los cuatro mapas resultantes y a través de un SIG, se obtuvo una representación gráfica que expresa la erosión hídrica potencial en la CHF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABySe Morelia. (2020). *Ex Escuela Agrícola La Huerta, Zona de Preservación Ecológica en Morelia*. <https://abysemorelia.com.mx/ex-escuela-agricola-la-huerta-zona-de-preservacion-ecologica-en-morelia/>
- Acevedo, V. V. A. (2002). Michoacán: Economía y regiones para el desarrollo. *Economía y sociedad*, 7(11), 179-212.
- Aguilar-Bahena, A. (2004). *Mamíferos medianos de los alrededores de la comunidad de las Anonas, Municipio de Jungapeo, Michoacán: un punto de vista etnozoológico*. [Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Aguilar-Murillo, C. A. (2012). Reconocimiento geológico de la zona de skarn de la Sierra de Tlayca y Tlayecac en el estado de Morelos, México. [Tesis de licenciatura, Universidad de Sonora].
- Allen, J. A. (1895). On the species of the genus *Reithrodontomys*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 7, 107-143.
- Allen, J. A. (1906). Mammals from the states of Sinaloa and Jalisco, México, Collected by J. H. Batty during 1904 and 1905. *Bulletin American Museum of Natural History* 22,191–262.
- Alonso, J. A., Bermúdez, F. L., & Rafaelli, S. (2011). La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación (Vol. 4). Editum.
- Altorre. (2020). *El ANP “Loma de Santa María y Depresiones Aledañas” más de 10 especies en peligro de extinción*. <https://www.althorre.com/post/el-anp-loma-de-santa-mar%C3%ADa-y-depresiones-aleda%C3%B1as-m%C3%A1s-de-10-especies-en-peligro-de-extinci%C3%B3n#:~:text=La%20fauna%20que%20alberga%20este,Moctezuma%20y%20el%20clar%C3%ADn%20jilguero>.
- Alvarado D., J. y Huacúz D. (1996). *Guía ilustrada de los anfibios y reptiles más comunes de la reserva Colola-Maruata en la Costa de Michoacán, México*. UMSNH. Morevallado Editores, Morelia, Mich. 90 pp.

- Álvarez, T. y Aviña, C. E. (1965). *Baeodon alleni*, *Rhogeessa tumida* major and *R. p. párvula* newly reported for Michoacan with notes on the qualitative differentiation of the two *Rhogeessas*. *Southwestern Naturalist*, 10, 75–76.
- Álvarez, T. y Díaz- Pardo, E. (1983). Estudio de una colección herpetofaunística de la costa de Michoacán México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 27, 129-147.
- Álvarez, T. y Sánchez C., N. (1997). Contribución al conocimiento de los mamíferos, excepto Chiroptera y Rodentia, de Michoacán, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 42, 47-74.
- Álvarez-Castañeda, S. T. (2005). *Peromyscus winkelmanni*. *Mammalian Species*. 1-3. 10.2307/3504547.
- Álvarez-Solórzano, T. (1998). *Biodiversidad de los mamíferos en el Estado de Michoacán. Laboratorio de Cordados Terrestres*. Departamento de Zoología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto P020. México D.F.
- Álvarez-Solórzano, T. y López-Vidal, J.C. (1998). Biodiversidad de los mamíferos en el Estado de Michoacán. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Base de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. P020. México D.F.
- Álvarez-Solórzano, T., y Ramírez-Pulido, J. (1968). Descripción de una nueva subespecie de *Spermophilus adocetus* (Rodentia, Sciuridae) de Michoacán, México y estado Taxonómico de S. a. *Arceliae* (Villa R., 1942). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 29, 181-190.
- American Ornithologist's Union. (1998). *The AOU checklist of North American birds*, seventh edition. American Ornithologist's Union. Washington, D.C. Romero-Almaraz et al 2000.
- Aranda-Sánchez, J. M (2000). *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 212 p.
- Aranda-Sánchez, J. M., (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

- Arita, H. (1993). Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pp. 109-128. En: *Avances en el estudio de los mamíferos*, (Medellín, R. y G. Ceballos, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. México. 464 pp.
- Arizmendi, M. C. y Márquez-Valdelamar, L. (2000). *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México*. CIPAMEX-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México 404.
- Arreygue, E., Canuti, P., Iotti, A., Garduño-Monroy, V. H. (1998). *Hydrogeological hazard in the urban area of Morelia, Mich. (México)*. En: Association for Engineering Geology and the Environment, Eight International Congress International, Proceedings, Vancouver, Canada: Rotterdam, A.A. Balkema, 3, 2245-2250.
- Arreygue-Rocha, E. (1999). *Le Condizioni di pericolosità idrogeologica nella città di Morelia, Michoacan (Messico)*. [Tesis de doctorado, Università degli Studi di Perugia].
- Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. *Regiones Marinas Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz y E. Vázquez (coordinadores). *Regiones hidrológicas prioritarias*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D.P., Zapata, P.A., Vergara, I.C., Andrade, L. M. y Ramos, C. K. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA* 5, 45-57.
- Astiz-Delgado, L. M. (1980). *Sismicidad en Acambay, Estado de México—el temblor del 22 de febrero de 1979*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Autren. (s.f.). Insumos de energía renovable y fotovoltaica en México y su proyección al 2020.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58849/INSUMOS_DE_ENERG_A_RENOVABLE_FOTOVOLTAICA_Y_SU_PROYECCI_N_AL_2020_SEC.pdf

- Ávila, P. (2007). *Agua, calidad y medio ambiente. Una visión histórica de Morelia*, Universidad Nacional Autónoma de México/ Secretaría de Desarrollo Social de Michoacán/ H. Ayuntamiento de Morelia, Morelia.
- Ávila-Olivera J. A. y Garduño-Monroy, V. H. (2008). *A GPR study of subsidence-creep-fault processes in Morelia, Michoacán, Mexico*. Engineering Geology
- Baker, R. H. y Alcorn, A. A. (1953). Shrews from Michoacán, México, found in barn owl pellets. *Journal of Mammalogy*, 34,116.
- Balzarini, M., Di Rienzo, J., Tablada, M., Gonzalez, L., Bruno, C., Córdoba, M., Robledo, W., Casanoves, F. (2011). *Estadística y Biometría. Editorial Brujas. Serie INFOSTAT. Buenos Aires, Argentina. 404 p.* <http://www.agro.unc.edu.ar/~mcia/archivos/Estadistica%20y%20Biometria.pdf>
- Basalénque, D. (1989). *Historia de la Provincia de San Nicolás Tolentino de Michoacán*, Balsal Editores, Morelia.
- Bautista-Hernández, C. E., Monks, S., y Pulido-Flores, G. (2013). *Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies*. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas.
- Begon, M., Townsend, C. y Harper, J. (2005). *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. John Wiley and Sons Ltd. 4ta Edición. 750 p.
- Benítez, H., C. Arizmendi y Márquez, L. (1999). *Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA*. México. Visitado el 09 de septiembre de 2020 <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicasacerca.html>
- Bolaños González, M. A., Paz Pellat, F., Cruz Gaistardo, C. O., Argumedo Espinoza, J. A., Romero Benítez, V. M., y de la Cruz Cabrera, J. C. (2016). Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 271-288. Recuperado en 23 de febrero de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000300271&lng=es&tlng=es.

- Botello L., F. J. (2004). *Comparación de cuatro metodologías para determinar la diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca*. [Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Bracamonte, J. C. (2018). Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios de ecología. *Ecología Austral*, 28(2), 446-454.
- Brown, S., A. J. Gillespie and A. E. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *For, Sei.* 35(4)881-902
- Brown, S.; Sathaye, J.; Cannel, M. y Kauppi. P.E. 1996. Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *Commonwealth Forestry Review* 75.
- Caballero, K. y Rojas, E. (2009). La economía de la biodiversidad. *Economía Informa*, 360, 9-113.
- Campbell J., A. y Lamar, W.W. (1989). A new species of diminutive Eleutherodactylus (Leptodactylidae) from Oaxaca, México. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 102(2), 491-499.
- Campbell J., A. y Murphy, J.B. (1977). A new species of Geophys (Reptilia, Serpentes, Colubridae) from the Sierra de Coalcomán, Michoacán, México. *Journal of Herpetology*, 11(4), 397-403.
- Carleton, M.D. (1977). Interrelationships of populations of the Peromyscus boylli species group (Rodentia, Muridae) in western Mexico. *Occasional papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 675, 1-47.
- Carreón-Nieto, M.C. (2014). *Los ríos de Valladolid-Morelia. Concepciones y usos del agua en los siglos XVIII y XIX*. [Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Casas Andreu, G., Valenzuela-López, G. y Ramírez-Bautista, A. (1991). Como hacer una colección de Anfibios y Reptiles. *Cuadernos del Instituto de Biología* 10. UNAM. 68 pp.
- Castany G (1971) Tratado práctico de las aguas subterráneas. Ed. Omega, Bar., España. 671 pp.

- Castro-Campillo, A. y Ramírez-Pulido, J. (2000). Systematics of the smooth-toothed gopher, *Thomomys umbrinus*, in the Mexican Transvolcanic Belt. *American Museum Novitates*, 329,1-37.
- Ceballos, G. y Miranda, A. (2000). *Guía de campo de los mamíferos de la costa de Jalisco, México / A field guide to the mammals to the Jalisco Coast, México*. Fundación Ecológica de Cuixmala A.C., UNAM. México, D.F.
- Ceballos, G. y Simonetti, J. A. (2002). *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. Conabio/Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 582 p.
- Ceballos, G., García, A., Salazar, I. y Espinoza, E. (2010). Conservación de los vertebrados: patrones de distribución, endemismo y vulnerabilidad. Pp. 369–386, En: *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del oeste de México* (G. Ceballos, A. García, L. Martínez, E. Espinosa, J. Bezaury y R. Dirzo, eds). CONABIO – UNAM, México D. F.
- Ceballos, G., y Arroyo-Cabrales, J. (2012). Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época*. Año 2 Núm 1. ISSN: 2007-4484.
- Ceballos, G., y G. Oliva (coords), (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. México. 988 p.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2020). *Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas*. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/inestabilidad-laderas.html>
- Cervantes-Sánchez, E. (1991). La zona metropolitana de la ciudad de México. *Cuadernos de Urbanismo*, 1.
- Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Editores: Conabio, Instituto de biología UNAM, Agrupación Sierra Madre, S.C. 847 p.
- Challenger, A. y Dirzo, R. (2008). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En: Dirzo, R., R. González e I.J. March (comps.). *Capital Natural de México, volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México.

- Challenger, A., y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En *Capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México.
- Charre-Medellín, J.F. (2012). *Uso de manantiales por los mamíferos silvestres en bosques tropicales de Michoacán*. [Tesis de Maestría, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Chávez-León, G. (2007). Riqueza de aves del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio. *Acta Zoológica Mexicana* 23, 11-29.
- Chávez-León, G. y Rivera, S. (2009). Riqueza de mamíferos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80, 95-104.
- Chazdon, R., Letcher, S., van Breugel, M., Martínez-Ramos, M., Bongers, F. y Finegan, B. (2007). Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 362(1478), 273-289.
- Chow, V. T., Maidment, D. R y Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. United States, McGraw-Hill.
- Cigna, F., Osmanoglu, B., Cabral-Cano, E., Dixon, T. H., Ávila-Olivera J. A., Garduño-Monroy, V. H., DeMets, C., Wdowinski S. (2012). Monitoring land subsidence and its induced geological hazard with Synthetic Aperture Radar Interferometry: A case study in Morelia, Mexico. *Remote Sensing of Environment*, 117, 146-161.
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statical estimation of species richness and shared species from samples*. Versión 9. [En línea] Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9.1.0.
- Colwell, R. K. y Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 345(1311):101-118.

- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 345, 101-118.
- Colwell, R. K., Xuan, C. y Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85(10), 2717-2727.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales protegidas (CONANP). (s.f.). *Ficha SIMEC Insurgente José María Morelos*.
<https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=15®=6>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2009). *Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Michoacán de Ocampo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*.
<https://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/infraestructurahidraulica/estadisticas/estadisticas%202008/PHV2030EMICHOACAN2009,%20julio%2009.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015a). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Alto-Atoyac (2901), Estado de Tlaxcala. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103387/DR_2901.pdf
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015b). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero La Piedad (1623), Estado de Michoacán.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/273106/DR_1623_LA_PIEDAD_MICHOAC_N.pdf
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015c). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Morelia-Queréndaro (1602), Estado de Michoacán.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103847/DR_1602.pdf
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Huetamo (1612), estado de Michoacán*. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.
https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/michoacan/DR_1612.pdf
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Morelia-Queréndaro (1602)*,

estado de Michoacán. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). *Condición de acuíferos (2021)*. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos&n=estatal>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). *Cuencas con déficit (2022)*. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas&ver=reporte&o=1&n=nacional>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). *Cuencas con disponibilidad (2022)*. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas&ver=reporte>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). *Detalle de las cuencas hidrológicas en México (2022)*. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas&ver=reporte&o=2&n=nacional>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). *Información Estadística Climatológica*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (s.f.). *Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma Santiago Pacífico*. https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/PNH/PHR_2021-2024_RHA_VIII_LSP.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s.f.). *Cerro Ancho-Lago de Cuitzeo*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_111.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s.f.). *Sierra de Chincua*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_110.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s.f.). *62. Pátzcuaro y Cuencas Endorréicas Cercanas*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_062.html

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2015). *AICA Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves*. <http://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html>
- CONABIO (comp.). (2009a). *Catálogo de autoridades taxonómicas de los anfibios (Amphibia: Chordata) de México*. Base de datos SNIB-CONABIO. México. Incluye información del proyecto CS003.
- CONABIO (comp.). (2009b). *Catálogo de autoridades taxonómicas de los reptiles (Reptilia: Chordata) de México*. Base de datos SNIB-CONABIO. México. Incluye información del proyecto CS003.
- CONABIO. (2005). *La Biodiversidad en Michoacán, Estudio de Estado*. Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. (2008). *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Consejo Estatal de Población (COESPO) Michoacán. (2021). *Población en Michoacán 2020*. Gobierno del Estado de Michoacán. <https://coespo.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2021/02/Poblacion-en-Michoacan-2020.pdf>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). *Índice de Rezago Social 2020*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/IRS_2020/PPT_resultados_IRS_2020.pdf
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2010). *Zona Metropolitana de Morelia: Grado de marginación urbana por AGEB, 2010*. http://www.omi.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/marginacion_urbana/AnexoA/Mapas/19_Zona_Metropolitana_de_Morelia.pdf
- Contreras-Vigil, A. M., García-Santiago, G., Icaza-Hernández, B. (2013). *Calidad del aire: una práctica de vida*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>

- Correa-García, A. (2009). Calidad del aire en la Ciudad de Morelia. *ContactoS*, 74, 29-36. <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n74ne/morelia.pdf>
- Correa-García, A., Sosa-Aguirre, C. R., y Venegas-Ángel, E. (2013). *Monitoreo del aire en la ciudad de Morelia*. 1er Congreso Regional en Salud, Seguridad e Higiene en el Trabajo y Protección al Medio Ambiente. <https://docplayer.es/94825450-Monitoreo-del-aire-en-la-ciudad-de-morelia.html>
- CREEL, J. E. B. (2009). El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos. *The nature conservancy-Programa México*, 36.
- Cruz-Falcón, A., Vázquez-González, R., Ramírez-Hernández, J., Nava-Sánchez, E. H., Troyo-Diéguez, E., Rivera-Rosas, J., & Vega-Mayagoitia, J. E. (2011). Precipitación y recarga en la cuenca de La Paz, BCS, México. *Universidad y ciencia*, 27(3), 251-263.
- Curtis, J. T. y McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32, 476-496.
- Díaz-Francés, E. y Soberón, J. (2005). Statistical Estimation and Model Selection of Species Accumulation Functions. *Conservation Biology* 19(2), 569-573.
- DOF. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México. 2010 (30 de diciembre).
- Duellman W., E. (1956). A new snake of the genus *Leptotyphlops* from Michoacán, México. *Copeia*, (2), 93-94.
- Duellman W., E. (1961). The amphibians and reptiles of Michoacán, México. *University of Kansas publications, Museum of Natural History* 15 (1), 1-148.
- Duellman W., E. (1965). Biogeographic account of the herpetofauna of Michoacán, México. *University of Kansas publications, Museum of Natural History* 15(14), 627-709.
- Dugés, A. D. (1870). Catálogo de animales vertebrados observados en la República Mexicana. *La Naturaleza (1ª Serie)*, 1: 137-145.
- Escalante, P. et al. (1998). *Listado de los nombres comunes de las aves de México*. Colección Nacional de aves. 25 pp. UNAM. México, DF.

- Escobar, Matías de. (1970). *Americana thebaida vitae patrum de los religiosos hermitaños de n.p. San Agustín de la Provincia de San Nicolás Tolentino de Mechuacan (1729)*, Morelia, Balsal Editores.
- Espinosa, D., S. Ocegueda *et al.* (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, p. 33-65
- Esri. (s.f.). *Aplicaciones de muestra de análisis hidrológico*. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/hydrologic-analysis-sample-applications.htm>
- Estrada, A. (2001). *Catálogo de la diversidad biológica de anfibios y reptiles del municipio de Tancítaro. Michoacán, México*. [Tesis de licenciatura., Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Fa, J. E. y Morales, L. M. (1991). Mammals and protected areas in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. Pp: 199-226, En: *Latin American mammalogy: history, biodiversity, and conservation* (Mares M.A. and D.J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.
- Fa, J. E. y Morales, L. M. (1993). Patterns of mammalian diversity in Mexico. En *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) Oxford University Press, New York. p. 281–299.
- Fanti-Echegoyen, E. (2013). *Reptiles y anfibios de Jalisco*. Centro de Estudios en Zoología, CUCBA, Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/>
- FAO. 2011. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid.
- Farina P., Ávila-Olivera, J. A., Garduño-Monroy, V. H. y Catani, F. (2008). DInSAR analysis of differential ground subsidence affecting urban areas along the Mexican Volcanic Belt (MVB). *Rivista italiana di Telerilevamento*, 103-113.
- Figueroa-Miranda, S., Hernández-Madrigal, V. M., Tuxpan-Vargas, J. y Villaseñor-Reyes, C. I. (2020). Evolution assessment of structurally-controlled differential

- subsidence using SBAS and PS interferometry in an emblematic case in Central Mexico. *Engineering Geology*, 279, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105860>.
- Flores O. A. (1996). *Mamíferos silvestres de la Tierra Caliente del Estado de Michoacán*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
 - Flores Villela, O. (1993). Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. Pp.253-280. En: *Biological diversity of Mexico: origin and distribution* (Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lott y J. Fa, editores). Oxford University Press, Nueva York.
 - Flores, O., F. Mendoza, y G. González. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publ. Esp. Mus. Zool. Fac. Cienc. 10: 1-285.
 - Flores, O. y Gerez, P. (1994). *Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. UNAM. México. 439pp.
 - Flores-López, et al. (2003). Estimación del escurrimiento superficial en la cuenca el Jihuite, México. *Terra* 21(3), 389-400.
 - Flores-Villela, O. (1993a). *Herpetofauna Mexicana. Lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, cambios taxonómicos recientes y nuevas especies*. Special publication (Carnegie Museum of Natural History). 17 pp.
 - Flores-Villela, O. (1993b). *Riqueza de anfibios y reptiles*, Museo de Zoología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
 - Flores-Villela, O. (1993c). *Análisis de la distribución de la herpetofauna de México*. [Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México].
 - Flores-Villela, O. (1998). *Formación de una base de datos y elaboración de un atlas de la herpetofauna de México*. Colección de anfibios y reptiles. Museo de Zoología «Alfonso L Herrera». Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto A014. México, D.F.
 - Flores-Villela, O. y Geréz, P. (1994). *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo*. CONABIO-UNAM, México, 220 pp.

- Flores-Villela, O., Mendoza, F., González, Q. y G. (1995). Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. *Publicación Especial del Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, 10*, 1-285.
- Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. O., (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85*, S467-S475.
- Garduño-Monroy, V. H., Arreygue-Rocha, E., Israde-Alcántara, I., Rodríguez-Torres, G. M. (2001). Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 18* (1), 37-54.
- Garduño-Monroy, V. H., et al. (2014). Estudio hidrogeológico del sistema acuífero de Morelia, Michoacán, para una correcta planeación del territorio. En: A. Vieyra y Larrazábal Alejandra, (eds.). *Urbanización, sociedad y medio ambiente. Experiencias en ciudades medias*. UNAM, pp. 197-222.
- Garduño-Monroy, V. H., Rodríguez-Torres, G. M., Israde-Alcántara, I., Arreygue, E., Canuti, P., Chiesa, S. (1999), Efectos del clima (El Niño) en los fenómenos de fluencia de las fallas geológicas de la Ciudad de Morelia. *Geos, Unión Geofísica Mexicana, 9* (2), 84-93.
- Gaston, K. J. (1996). What is biodiversity? En: Gaston, K. J. (ed) *Biodiversity: a biology of numbers and difference*. Blackwell, pp 1-9.
- Gayoso, J., & Guerra, J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque (Valdivia), 26*(2), 33-38.
- Gill, F. y D. Donsker (eds.). (2013). *IOC World Bird Names (versión 3.4)*. <http://www.worldbirdnames.org/>.
- Godínez, E. G., González-Ruiz, N. y Ramírez Pulido, J. (2011). Actualización de la lista de los mamíferos de Jalisco, México: implicaciones de los cambios taxonómicos, *THERYA 2*(1), 7 – 35.
- Goldman, E.A. (1918). The rice rats of North America (Genus *Oryzomys*). *North American Fauna, 43*, 1-100.
- González-García, F. y Gómez de Silva, H. (2003). Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (Eds) *Conservación de aves: experiencias en México*. CIPAMEX-

Museo de Historia Natural de la ciudad de México, National fish & Wildlife foundation y CONABIO, México.

- Guerrero, O. (2021, febrero 2). Devastados, 70% de los bosques en el sur de Morelia. *El Sol de Morelia*. <https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/devastados-70-de-los-bosques-en-el-sur-de-morelia-6312715.html>
- Guerrero, S. y Cervantes, F. A. 2003. Lista comentada de los mamíferos terrestres del estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 89, 93–110.
- Guerrero-Vázquez, S. (2013). *Mastofauna de Jalisco*. Centro de Estudios en Zoología, CUCBA, Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/>
- Guzmán V., U. (1993). *Análisis de la distribución de los Lacertilios en la vegetación de la Costa del estado de Michoacán, México*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Hall, E.R. (1981). *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, vol. 1: XV+600+90, vol. 2: VI+601–1181+90.
- Hall, E.R. y Villa, B. (1950). Lista anotada de los mamíferos de Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 21, 159–214.
- Hartweg, N. y Oliver, J. A. (1960). A new colubrid snake of the genus *Geophis* from Michoacán. *Occasional papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* (601):1-5.
- Hasenaka, T. y Carmichael, I. S. E. (1985). A compilation of location, size and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacán-Guanajuato volcanic field, Central Mexico. *Geofísica Internacional*, 24(4), 577-607.
- Hernández-Madrigal, V. M., Garduño-Monroy, V. H. y Ávila-Olvera, J. A. (2011). *Atlas de peligros geológicos de la Ciudad de Morelia, Mich: Estandarización del documento, actualización cartográfica de fallas geológicas de la zona urbana, y evaluación de tasas de hundimiento*. H. Ayuntamiento de Morelia, Mich. Dirección de Protección Civil y Bomberos de Morelia.
- Herrejón-Peredo, C. (1991). *Los orígenes de Morelia: Guayangareo-Valladolid*. El Colegio de Michoacán, Zamora.

- Herrera Rodríguez, E., y Salgado-Ortiz, J. (2014). Diversidad avifaunística en agroecosistemas de riego y temporal de la cuenca baja del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Huitzil. 15. 17. 10.28947/hrmo.2014.15.1.50.
- Howell, S.N. y Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and north Central America*. Oxford University Press. Nueva York.
http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/HABITAT/VR_atlas_Morelia.pdf
https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/michoacan/DR_1602.pdf
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5634084&fecha=29/10/2021#gsc.tab=0
https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2000/resultadosporlocalidad/INITER16.pdf
- Howell S & S. Webb. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press Inc. New York, United States. 2005
- Huacas, E. D. (2005). Anfibios y reptiles. En: *La biodiversidad en Michoacán: estudio de estado*. L. E. Villaseñor (ed.). CONABIO, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. p. 99-100.
- Huacúz-Elías, D.C. 1995. *Las serpientes de Michoacán*. [Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Ibáñez, Juan José. (2010). *Leptosoles*.
<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/07/06/136490>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). *Radiación solar*. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). (2010). *Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Morelia 2010*. https://implanmorelia.org/site/wp-content/uploads/2022/02/2_1_PDUCPM_2010.pdf
- Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). (2021). *Morelia Michoacán 2021*. https://implanmorelia.org/site/wp-content/uploads/2021/12/PRESENTACI%C3%93N_PMD_29NOV21.pdf

- Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). (s.f.). *Caracterización de la microcuenca del Río Chiquito. Fase I: Plan maestro para el manejo integral de la cuenca del Río Chiquito*. <https://implanmorelia.org/site/proyectos/ec-cmrc/>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional (DGICUR) y DICA. (2010). *Estudio de emisiones y actividad vehicular en Morelia, Michoacán de Ocampo*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112404/2010_CGCSA_RSD_Morelia.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2023). *Indicadores de la calidad del aire*. <https://sinaica.inecc.gob.mx/scica/>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (s.f.). La función de la vegetación ribereña y la calidad de los ríos. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1014-la-funcion-de-la-vegetacion-riberena-y-la-calidad-de-los-rios>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1992). *Síntesis geográfica del estado de Hidalgo*. https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220945/702825220945_7.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2001). Datos Vectoriales Fisiográficos del Contiguo Nacional. Serie I escala 1:1,000,000
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2002). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Principales resultados por localidad. Michoacán de Ocampo*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2002). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Síntesis de resultados. Michoacán de Ocampo*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825000312>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). *II Conteo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad. Michoacán de Ocampo*. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2005/#Datos_abiertos

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). *II Censo de Población y Vivienda 2005. Síntesis de resultados. Estados Unidos Mexicanos.* <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2005/doc/sintesis.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. Michoacán de Ocampo.* http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/mich/16_principales_resultados_cpv2010.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). *Agua.* <https://www.inegi.org.mx/temas/agua/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1: 250,000 Serie VI.* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Aguascalientes. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo General de Población y Vivienda 2020. Presentación de Resultados. Michoacán de Ocampo.* https://inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020_pres_res_mich.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Cuéntame. Información por entidad. Michoacán de Ocampo. Densidad.* <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/poblacion/densidad.aspx?tema=me&e=16#:~:text=hay%2064%20personas%20por%20kil%C3%B3metro%20cuadrado.>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Cuéntame. Información por entidad. Michoacán de Ocampo. División municipal.* https://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=16
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Cuéntame. Información por entidad. Michoacán de Ocampo. Movimientos migratorios.* https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/poblacion/m_migratorios.aspx?tema=me&e=16#:~:text=Por%20su%20n%C3%BAmero%20de%20emigr

antes, lugar%2010%20a%20nivel%20nacional.&text=Entre%202015%20y%202020
%2C%20llegaron, de%20las%20entidades%20del%20pa%C3%ADs.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII escala: 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *En Michoacán de Ocampo somos 4,748,846 habitantes: censo de población y vivienda 2020*. (Comunicado de prensa Núm. 48/21). Morelia, Michoacán. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Mich.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Producto Interno Bruto por entidad federativa, para Michoacán de Ocampo en 2020*. Comunicado de prensa Núm. 734/21. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/pibe/PIBE_MICHOACAN_2020.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.) *Población total inmigrante, emigrante y saldo neto migratorio por entidad federativa, años censales de 2000, 2010 y 2020*. https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Migracion_Migracion_01_426da5e7-766a-42a9-baef-5768cde4fca9
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). *Glosario*. <https://www.inegi.org.mx/app/glosario/default.html?p=ENEU>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)). (2016). Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1: 250,000 Serie VI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Aguascalientes. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)). (2021). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII escala: 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

- Instituto Tecnológico de Morelia. A. (2022). *Gráficas: Temperatura, lluvia, viento, radiación solar*. Estación Meteorológica del Posgrado de Ingeniería Electrónica. Morelia, Michoacán, México. <http://clima.itmorelia.edu.mx/GraficasSMA.htm>
- Inventario Nacional Forestal y de Suelos. (2015). Datos y Recursos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2013-2014. Comisión Nacional Forestal. <http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/component/phocadownload/category/267-2015?download=1228:anexo-procedimientos-de-muestreo-infys-2015>
- Inventario Nacional Forestal y de Suelos. (2020). Datos y Recursos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2015-2020. Comisión Nacional Forestal. <https://snmf.cnf.gob.mx/infys/>
- IPCC. 1995: Climate Change 1995. The Science of Climate Change. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 572 p.
- Israde, I. (1995). *Bacini lacustri del settore centrale dell'Arco Vulcanico Messicano: stratigrafia et evoluzione sedimentaria basata sulle diatomee*. [Tesis de doctorado, Universita degli Studi di Milano].
- Israde-Alcántara, I., y Garduño-Monroy V.H. (1999). Lacustrine record in a volcanic intra-arc setting; the evolution of the late Neogene Cuitzeo basin system (central western Michoacán, Mexico). *Palaecogeography, Palaeoclimatology, Palaecology*, 15 (1-3), 209-227.
- Jenny, H. (1941). *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications, New York, 281 p.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151-161.
- Jones, C., Mcshea, W. J., Conroy, M. J. y Kunz, T. H. (1996). Capturing mammals. Pp. 115-273 In *Measuring and monitoring biological diversity standard methods for mammals*. (Wilson, D. E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran, y M. S. Foster, eds). Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU.
- Koleff, P., Soberón, J. (2008). Patrón de diversidad espacial en grupos selectos de especies, en *Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, 323 – 364.

- LaVal, R.K. (1973). Systematics of the genus *Rhogeessa* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Occasional Paper of the Museum of Natural History, University of Kansas*, 19, 1-47.
- Lechuga-G. y Núñez-Garduño, A. (1993). *Mamíferos de la región de los Reyes, Michoacán, México*. Universidad Michoacana. UMSNH: México. 8: 20-40.
- Lermo-Samaniego, J., Nieto-Obregón, J., y Zermeño, M. (1996). *Fault and fractures in the valley of Aguascalientes. Preliminary microzonification*. En: World Conference on Earthquake Engineering, 11va: Ámsterdam, Elsevier, Paper, núm. 1651.
- López-Núñez, M. C. (2005). *Espacio y significado de las haciendas de la región de Morelia: 1880-1940*. Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Lucio-Martínez, A. (2006). *La desecación de los pantanos y la construcción de un nuevo cauce para el río Grande de Morelia (segunda mitad del siglo XIX, primeras décadas del siglo XX)*. [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]
- Macías-Goytia. (2001). Cuenca de Cuitzeo. Una historia. *Boletín Oficial del INAH*, (64), 99-109.
- Maffei, L, E. Cuellar y Noss, A. (2002). Uso de Trampas Cámara para la Evaluación de Mamíferos en el Ecotono Chaco Chiquitania. *Revista Boliviana Ecológica* 11, 5565.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, United States of America: Princeton University Press.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing company. U. S. A. 256 p.
- Magurran, A. E. y McGill, B. J. (2011). *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford University. USA. 368 p.
- Maldonado González, N. (2008). *Revisión bibliográfica de los estudios mamíferos terrestres en Michoacán, México*. [Tesina de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México].

- Mandujano-Rodríguez, S. (2011). Conceptos generales de ecología poblacional en el manejo de fauna silvestre. En S. Gallina y C. López (Ed.), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (p. 37-60) Querétaro, México.
- Mannaerts, C. (1999). *Factores de erosión. Módulo 11: Degradación de suelos*. ITC. Curso de Postgrado en levantamiento de recursos hídricos. Notas de clase y ejercicios. CLAS. Cochabamba, Bolivia.
- Marín-Togo, M. C. (2009). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2009-2012*.
<https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1919RIS.pdf?language=es>
- Marroquín–Páramo, J. A., Suazo–Ortuño, I., Mendoza, E., Alvarado-Díaz, J., y H. H., Siliceo-Cantero. (2017). Diversidad de la herpetofauna en huertos de aguacate y hábitats conservados en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(2017), 234-240.
- Martínez Elorriaga, E. (2020, febrero 8). “Ineficaces”, plantas de tratamiento de aguas negras en el corredor tarasco. *La Jornada*.
<https://www.jornada.com.mx/2020/02/08/estados/020n2est>
- Martínez, J. A. (2002). *Apuntes y datos curiosos para formar la historia de Santa María y Jesús del Monte*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes/Ayuntamiento de Morelia.
- Martínez, M. M. (2005). *Estimación de la erosión del suelo*. Secretaría de Alimentación, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INCA RURAL. Colegio de Posgraduados.
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/6/04estim-eros-sue.pdf>
- Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. y Álvarez, F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad, suplemento 85*, S1-S9.
- Martínez-Reyes, J. y Nieto Samaniego, A. F. (1990). Efectos geológicos de la tectónica reciente en la parte central de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas Número especial: Centenario del Instituto de Geología* 9(1), 33-50.

- Matías-Ramírez, L. G., Fuentes-Mariles, Os. A., y García-Jiménez, F. (2021). *Heladas*. Serie Fascículos. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, Coordinación Nacional de Protección Civil (CNPC) y Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/122-FASCCULOHELADAS.PDF>
- McVaugh, R. (1985). *Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*. University of Michigan Press. 793 p.
- Medina, B. R. (1983). Delimitación de sitios circulares de muestreo en inventarios forestales. *Ciencia Forestal*, 40, 3-23.
- Medina–Aguilar, O., Alvarado–Díaz, J., e I., Suazo–Ortuño. (2011). Herpetofauna de Tacámbaro, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(2011), 1194-1202.
- Mendoza, P. (2022, mayo 14). Crecimiento urbano de Morelia acaba con bosques. *El Sol de Morelia*. <https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/crecimiento-urbano-de-morelia-acaba-con-bosques-8279230.html>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2006). *Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales*. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructura de transporte, No. 1. O.A. Parques Nacionales. Madrid.
- Monroy-Vilchis O., Zarco-González M.M., Ramírez-Pulido J., Aguilera-Reyes U. (2011b). Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82, 237–248.
- Monterrubio-Rico T.C., Ortega-Rodríguez, J.M. , Cancino-Murillo, R., Mendoza-Cárdenas, N. y Pérez-Arteaga, A. (2010). Distributional and ecological records of the Mexican hairy dwarf porcupine (*Sphiggurus mexicanus*) from Michoacan, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 55 (1),143-145.
- Monterrubio-Rico, T. C., Charre-Medellín, J. F., Colín-Soto, C. Z., y León-Paniagua, L. (2014). Los mamíferos del Estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época*. Año 4 Núm. 2:1-17.
- Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M., & García-Celis, E. (2011). Mapa nacional de erosión potencial. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(1), 05-17.

Recuperado en 23 de febrero de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222011000100001&lng=es&tIng=es.

- Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M., & García-Celis, E. (2011). Mapa nacional de erosión potencial. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(1), 05-17.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España. 84 p.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal (BOLFOR). Santa Cruz. Bolivia. 87 p.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal (BOLFOR). Santa Cruz. Bolivia. 87 p.
- Nagorsen, D. W. Y Peterson, R. L. (1980). *Manual del coleccionista de mamíferos: una guía para recolectar, documentar y preparar especímenes de mamíferos para la investigación científica*. Museo Real de Ontario, Toronto.
- National Geographic. (2008). *Field Guide to the Birds of North America*. 4ta edición. National Geographic Society. Washington, D. C.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2023). NHC Data Archive. <https://www.nhc.noaa.gov/data/>
- Navarrete-González, P. C. (2019). *Estudio crítico de la instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica en el sector residencial y comercial en Morelia*. [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Navarro, A.G., García-Trejo, E.A., Townsend Peterson, A. y Rodríguez-Contreras, V. (2004). Aves. Pp. 391-421. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds). Instituto de Biología, UNAM. México.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A. Townsend-Peterson, A., Berlanga-García, H., y Sánchez-González., L. A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85*, S476-S495.

- Nortcliff, S., Hulpke, H., Bannick, C.G., Terytze, K., Knoop, G., Bredemeier, M. y Schulte-Bisping, H. (2011). Soil, 1. Definition, Function, and Utilization of Soil. En Ullmann's *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, (Ed.). https://doi.org/10.1002/14356007.b07_613.pub3
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987, 193, 119–129*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>
- Nowak, D. J., Hoehn, R., & Crane, D. E. (2007). Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture and Urban Forestry*, 33(3), 220.
- Núñez G., A. y G. Pastrana H. (1990). *Los roedores michoacanos. Manual de identificación*. Coordinación de la Investigación Científica, UMSNH, Morelia, Michoacán. 124 p.
- Núñez-Garduño, A. (1989). Los mamíferos silvestres de Michoacán. *Bol. Univ. Michoacana de San Nicolás Hidalgo*. Michoacán. México. (12):22-26.
- Núñez-Garduño, A. (2005). *Los mamíferos silvestres de Michoacán. Diversidad, biología e importancia*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
- Ochoa Ochoa, L.M. y Flores Villela, O. (2006). *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM-CONABIO, México, D.F.: 211 pp.
- Ochoa, S. A. y Sánchez, G. (1985). *Relación y memorias de la Provincia de Michoacán, 1579-1581*. En: Álvaro Ochoa (El Colegio de México), Gerardo Sánchez (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) y Ayuntamiento de Morelia (eds.), Morelia, 1985
- Oosting, H. J. (1956). *The study of plant communities: an introduction to plant ecology*. Freeman. San Francisco, California, U. S. A. 386 p.
- Orduña T.C., C.A. Castro y P.J. Ramírez. (2000). Mammals from the Tarascan Plateau, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 4, 53-68.
- Orduña Trejo, C. y Salas Páez, M. A. (1993). *Los mamíferos de la Sierra Purépecha del Estado de Michoacán*. Boletín Divulgativo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal, 78: 1-31.

- Oseguera-Medina, M. C. (2014). *Las inundaciones en la ciudad de Morelia (1868-1990)*. [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Oseguera-Toledo, L. D. (2015). *Regeneración de Ríos mediante metodologías de biorremediación*. [Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Palomera–García, C., Santana, E. y Amparán–Salido, R. (1994). Patrones de distribución de la avifauna en tres estados del occidente de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 5, 137–175.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl.* 85, S460-S466.
- Pérez-Talavera, V. M. (2020). La aplicación de vedas forestales en Michoacán durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, 1934-1940. *Boletín del Archivo General de la Nación*, 9(06), 35-59. <https://bagn.archivos.gob.mx/index.php/legajos/article/view/741>
- Peters, J. A. (1954). The amphibians and reptiles of the coast and costal sierra of Michoacán México. *Occasional papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*. (554):1-37.
- Peterson R.T. y E.L. Chalif. 2008. *Aves de México. Guía de campo*. Diana. México, D.F.
- Peterson, T. y Chalif, E. (1973). *Aves de México: Guía de Campo*. National Audubon Society. EUA, 473 pp.
- Piñón-Flores, M. A., Pérez-Munguía, R. M., Torres-García, U., y Pineda-López, R. (2014). Integridad biótica de la microcuenca del Río Chiquito, Morelia, Michoacán, México, basada en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 62. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600015
- Pizarro, R. (2021). *Sistemas de instrumentos de fijación de precios del carbono en América Latina y jurisdicciones de las Américas relevantes*”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/41), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2020). *Índice de Desarrollo Humano Municipal 2020*. <https://www.idhmunicipalmexico.org/>
- Quadratín. *Cañadas del río Chiquito, riqueza natural en Morelia*. (2020). <https://www.quadratín.com.mx/sucesos/canadas-del-rio-chiquito-riqueza-natural-en-morelia/>
- Racey, P.A., (1988). Reproductive assessment in bats. En: Kunz, T. H. (Ed.), *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 31-45.
- Rainier Ballina López, H., y Herrera-Franco, J. J. (2008). *Estudio geohidrológico - geofísico e hidrogeoquímico, en los alrededores del proyecto "San Pedro" municipio de Morelia, estado de Michoacán*. https://www.egs.mx/casos/hidroquimica_san_pedro.pdf
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F; Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR159. Albany,CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. (1998). Fa (Eds.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p. 129- 145.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 273 p.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 273 p.
- Ramírez-Pulido, J. y Castro-Campillo, A. (1993). Diversidad Mastozoológica de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, Vol. Esp. 44*, 413-427.
- Ramírez-Pulido, J., Arroyo, J. y Castro, A. (2005). Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 21(1), 21-82.
- Ramírez-Pulido, J., Castro-Campillo, A. y Aguilera, U. (1995). Sinopsis de los Mamíferos del Estado de México, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 46, 205-246.

- Revista Bitácora. (2020). *Pico Azul-La Escalera*. <https://revistabitacora.mx/pico-azul-la-escalera/>
- Reyes-Torres (2011.) Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en la región del Lago de Cuitzeo, Michoacán. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma “Antonio Narro”].
- Reyna-Álvarez, Y. (2010). *Anfibios y reptiles del municipio de Huetamo, Michoacán, México*. [Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]
- Reyna-Bustos, O., y Thomson, A. (2013). *Aves de Jalisco*. Centro de Estudios en Zoología, CUCBA, Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/>
- Reyna-Escaname, J. C. (1999). Estudio de los mamíferos del municipio de Nuevo Urecho, Michoacán. [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México]
- Robledo-Zacarías, V. H. (2014). *Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales en la Ciudad de Morelia Michoacán*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16776/VICTOR%20HUGO%20ROBLEDO%20ZACARIAS%20-%20B120982.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romanh, C. F. y Ramírez, M. H. (2010). Dendrometría. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
- Romero-Almaraz, M. L., Sánchez-Hernández, C., García-Estrada, C. y Owen, R. D. (2000). *Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio*. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma del Estado de México, México, D. F. 151 p.
- Ruiz, V. (2022, febrero 27). Obsoletas, más de la mitad de las tuberías de Morelia. *El Sol de Morelia*. <https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/obsoletas-mas-de-la-mitad-de-las-tuberias-de-morelia-7785587.html>
- Rzedowski, J. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*. Fascículos virtuales publicados para consulta. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). <http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/FLOBA.htm>
- Salgado M., G. (2002). *Base de datos y catálogo de helmintos parásitos de anuros de México*. Laboratorio de Helmintología. Departamento de Zoología. Instituto de

- Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto S137. México D.F.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W., González Velázquez, V., Palacios Martínez, R., & Philip, G. (1994). Fisiología vegetal.
 - Sánchez-Sepúlveda, H. U. (2011). *Calidad del agua y contexto social como base para la planeación y gestión en cuencas periurbanas. El caso del río Chiquito, Morelia, Michoacán*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
 - Sánchez-Sepúlveda, H. U., y Urquijo Torres, P. (2014). La expansión urbana en el suroriente de Morelia. Una revisión históricoambiental , 1885-2010. En: *Urbanización, Sociedad y Ambiente. Experiencias en ciudades medias*, (Vieyra, A. y A. Larrazábal, eds.). UNAM, CIGA, SEMARNAT, INECC. México, 293 pp.
 - Schmidh, K. P. y Shannon, F. A. (1947). Notes on the amphibians and reptiles of Michoacán, México. *Fieldiana Zoology* 31, 63–85.
 - Seaby, R. y Henderson, P. (2007). *Species Diversity and Richness 4.1.2*. Pisces Conservation Ltd. Lymington, Hampshire, UK.
 - Secretaría de Bienestar. (2020). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2020, Michoacán de Ocampo, Morelia. https://extranet.bienestar.gob.mx/pnt/Informe_2020/inf_municipal_16053.pdf
 - Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) y Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2010). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Morelia, Michoacán de Ocampo*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/45432/Michoacan_053.pdf
 - Secretaría de Gobernación (SEGOB). (s.f.). *Movilidad humana. Michoacán*. https://portales.segob.gob.mx/work/models/PoliticaMigratoria/CPM/foros_regionales/multimedia/info_Mich.pdf
 - Secretaría de Marina (SEMAR). (s.f.). Escala Beaufort. <http://www.semar.gob.mx/meteorologia/ESCALA%20BEAUFORT.htm>
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en

- riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 2010 (30 de diciembre).
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). *Parque Nacional Insurgente José María Morelos*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/parque-nacional-insurgente-jose-maria-morelos>
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Criterios de evaluación de impacto Ambiental. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/criterios-de-evauacion-de-impacto-ambiental#:~:text=Capacidad%20de%20carga%3A%20es%20la,su%20calidad%20C%20estructura%20o%20funci%C3%B3n>.
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (s.f.). *Los suelos de México*. https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.1_Suelos/index.htm
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (s.f.). Recuadro- Unidades principales de suelo en México
 - Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático del Gobierno del Estado de Michoacán. (2015). *Programa de gestión para mejorar la calidad del aire en el estado de Michoacán 2015-2024*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119879/1_ProAire_Michoacan.pdf
 - Secretaría de Salud. (2019). NORMA Oficial Mexicana, NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. *Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la*

- población.* Diario Oficial, Secretaría de Salud.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5568395&fecha=20/08/2019#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2021). NORMA Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. *Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃). Valores normados para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.* Diario Oficial, Secretaría de Salud.
<http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/monitoreo/normatividad/NOM-020-SSA1-2021.pdf>
 - Secretaría de Salud. (2021). NORMA Oficial Mexicana, NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. *Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.* Diario Oficial, Secretaría de Salud.
 - Secretaría de Salud. (2021). NORMA Oficial Mexicana, NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. *Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.* Diario Oficial, Secretaría de Salud.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633854&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0
 - Secretaría de Salud. (2021). NORMA Oficial Mexicana, NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental *Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5}. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.* Diario Oficial, Secretaría de Salud.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0

- Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente Michoacán. (2010). *Plan de Restauración Loma de Santa María y Depresiones Aledañas, Mpio. de Morelia*. http://laipdocs.michoacan.gob.mx/?wpfb_dl=36662
- Secretaría del Bienestar. (2022). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022. Michoacán de Ocampo, Morelia*. Unidad de Planeación y Evaluación de Programas para el Desarrollo. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/699677/16_053_MICH_Morelia.pdf
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2013). *Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa Esc. 1:100.000*. Bogotá D.C., 135p.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2020). *Rocas Ígneas*. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-igneas.html>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2022). *Información Histórica: Ciclones tropicales en el Océano Pacífico*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica>
- Servicio Nacional de Empleo (SNE). (2020). *Diagnóstico del Mercado Laboral del Estado de Michoacán, 2019*. <https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Michoacan.pdf>
- Shannon, C.E. y Weaver, W. (1964). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press. 125 p.
- Sibley, D.A. (2000). *The Sibley guide to birds*. National Audubon Society, A Chanticleer Press, New York EUA, p. 126.
- Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA). (2023). *Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire*. <https://sinaica.inecc.gob.mx/>
- Smith, H. M. y E. H. Taylor. (1945). *Herpetology of Mexico. An annotated Checklist and Keys to the snakes of Mexico*. Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin 187. 239 pp.
- Smith, H.M. (1942). Mexican herpetological miscellany. *Proceedings of the United States National Museum*, 62, 349-395.

- Smith, N.H. y Taylor, E.D. (1945). An annotated checklist and key to the snakes of Mexico. *Bulletin of the United States National Museum* (1987), 1-4, 239 pp.
- Soria-Caballero, D. C., Gómez-Calderón, D. A., y Garduño-Monroy, V. H. (2021). Análisis paleosísmico de la falla El Malpaso - El Salto, norte de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73(2), 00009. Epub 31 de enero de 2022. <https://doi.org/10.18268/bsgm2021v73n2a181220>
- Suazo Ortuño, I. et al. *Guía de Campo México-Natura. Anfibios y Reptiles del Municipio de Morelia*. Proyecto CONACYT 191348.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M., y Quintero-Legorreta, O. (1996). Macroseismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico. *Seismological Society of America, Bulletin*, 86(6), 1,952-1,963.
- Suter, M., Quintero, O., y Johnson, C. A. (1992). Active faults and state of stress in the central part of the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico. 1. The Venta del Bravo fault. *Journal of Geophysical Research*, 97(B8), 11,983-11,994.
- Suter, M., Quintero-Legorreta, O., López-Martínez, M., Aguirre-Díaz, G., y Farrar, E. (1995). The Acambay graben: Active intraarc extension in the trans-Mexican volcanic belt, Mexico. *Tectonics*, 14(6), 1245– 1262, <https://doi:10.1029/95TC01930>.
- Tavera-Alfaro, X. (2002). *Morelia, la vida cotidiana durante el porfirismo. Alegrías y sinsabores*. Morevallado Editores y Centro INAH Michoacán.
- Tipper, R. 1996. Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agroforestal. Documento de Trabajo Versión 1.2
- Toledo, V. M. y Ordoñez, M. J. (1998). El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Compiladores). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. p. 273-757. UNAM, México.
- Torres-López, M., Suazo-Ortuño, I. y López-Toledo, L. (2022). Diferencias en los ensamblajes de anfibios y reptiles entre tipos de vegetación en las estribaciones del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano en el estado de Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita no. 84*, 40-55. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi84.603>.

- Trujillo-Candelaria, J. A. (1985). *Subsidencia de terrenos en la ciudad de Celaya, Gto.*, Sociedad Mexicana de Suelos y Asociación Geohidrológica Mexicana, Reunión sobre Asentamientos Regionales, México D.F.
- Universidad de Extremadura. (s.f.). *Leptosoles*. <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Leptosol.htm>
- Uribe Peña, Z., Gaviño de la Torre, G. y Sánchez Hernández, C. (1981). Vertebrados del rancho “El Reparito” Municipio de Arteaga, Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 51, 615–646.
- Vargas, G. (2008). *Urbanización y configuración territorial en la región de Valladolid-Morelia, 1541-1991*, Morevallado Editores/Secretaría de Cultura de Michoacán, Morelia.
- Vargas-Santa María, F., y Flores-Villela, O. (2006). Estudio herpetofaunístico en el Playón de Mexiquillo y áreas adyacentes en la costa sur del estado de Michoacán, México. En: *Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad*, A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana 3:110-136.
-
- Villa B. y F. Cervantes. 2002. Los mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V.
- Villaseñor G., J. F. y Villaseñor G, L. E. (2000). Aves Capítulo 15. En: *Catálogo de la Biodiversidad en Michoacán*. Gobierno del Estado-SEDUE y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Primera Impresión. Pp. 319-350.
- Villaseñor G., L. E. (2005). Aves. Pp. 101-104. + Anexos 4.40, 4.41 y 4.42 en disco compacto. En: L. E. Villaseñor G. 2005. *La Biodiversidad de Michoacán: Estudio de Estado*. CONABIO, SUMA y UMSNH. Morevallado Editores. Morelia, Michoacán, México. 266 pp.
- Villaseñor G., L. E. y Villaseñor G., J. F. (2003). Aves Capítulo III. Geografía de Plantas y Animales. Pp.79-82. En: G. Correa P. (Edit.). *Atlas Geográfico del estado de Michoacán*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Secretaría de Educación Pública. México. Pp. 235 + mapas.

- Villaseñor G., L. E. y Villaseñor G., J. F. (2005). Inventarios y colecciones de flora y fauna. Pp.106-108. En: L. E. Villaseñor G. 2005. *La Biodiversidad de Michoacán: Estudio de Estado*. CONABIO, SUMA y UMSNH. Morevallado Editores. Morelia, Michoacán, México. 266 pp.
- Villaseñor, J. (2016). Checklist of the native vascular plants of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559-902.
- Villaseñor-Gómez, L. E. (2005). *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Villaseñor-Gómez, L. E., Pineda-Huerta F. R., y Villaseñor-Gómez, J. F. (2013). *Diversidad de aves en la subcuenca del río Cupatitzio, Michoacán, México*. Huitzil vol.14 no.2 Omitlán jul./dic. 2013.
- Weier, J. y Cahalan, R. (2003). *Solar radiation and climate experiment (SORCE)*. Nasa Earth Observatory. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/SORCE#:~:text=Today%20researchers%20know%20that%20roughly,rest%20is%20reflected%20into%20space>.
- Wilson, D.E y D. M. Reeder (eds). (1993). *Mammal Species of the World a Taxonomic and Geographic reference*. Segunda edición. Smithsonian Institution Press, Washington and London. 1207 p.
- Xelano, C. J. M. (2004). Estudio Herpetofaunístico del Municipio de Zacatlán, Puebla. [Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].
- Xeno-canto Foundation (2005-2020) <http://www.xeno-canto.org>
- Yolasiğmaz, H. A., & Keleş, S. (2009). Spatial distribution and temporal change of increment and volume: a case study in Balcı Forest Management Units. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1), 42-53.