

**A L T O Z A N O**

LA NUEVA MORELIA

**DTU**

MODALIDAD A

**CAPÍTULO V.**

DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES, QUE INCLUYA CLIMA, TIPOS DE SUELO, PENDIENTE MEDIA, RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y TIPOS DE VEGETACIÓN Y DE FAUNA.

**PROYECTO:**

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

**SEGA**

PLANEACIÓN Y DESARROLLO



---

---

## ÍNDICE

<b>V. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES, QUE INCLUYA CLIMA, TIPOS DE SUELO, PENDIENTE MEDIA, RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y TIPOS DE VEGETACIÓN Y DE FAUNA</b>	<b>11</b>
V.1 MEDIO FÍSICO.....	11
V.1.1 Clima.....	11
V.1.2 Suelo.....	39
V.1.3 Pendiente media.....	41
V.1.4 Relieve.....	43
V.1.5 Hidrografía.....	57
V.2 MEDIO BIÓTICO.....	73
V.2.1 Usos de Suelo y Vegetación.....	73
V.2.2 Fauna.....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V—1. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16045 (El Temazcal, Charo, Michoacán) .....	14
Tabla V—2. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16045 (El Temazcal, Charo, Michoacán) .....	15
Tabla V—3. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16055 (Jesús del Monte, Morelia, Michoacán) .....	16
Tabla V—4. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16055 (Jesús del Monte, Morelia, Michoacán) .....	17
Tabla V—5. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16081 (Morelia, Morelia, Michoacán) .....	18
Tabla V—6. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16081 (Morelia, Morelia, Michoacán) .....	19
Tabla V—7. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16022 (Cointzio, Morelia, Michoacán) .....	20
Tabla V—8. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16022 (Cointzio, Morelia, Michoacán) .....	21
Tabla V—9. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16120 (Santiago Undameo, Morelia, Michoacán) .....	22
Tabla V—10. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16120 (Santiago Undameo, Morelia, Michoacán) .....	23
Tabla V—11. Eventos meteorológicos extremos (huracanes) originados en el Océano Pacífico y reportados para el Estado de Michoacán en el período de 1971 al 2022 .....	31
Tabla V—12. Geología del AP .....	49
Tabla V—13. Microcuencas del AP .....	58
Tabla V—14. Fuentes de abastecimiento de agua para la Ciudad de Morelia .....	65
Tabla V—15. Disponibilidad histórica y proyectada de recursos hídricos en Michoacán ..	68

Tabla V—16. Análisis de calidad de agua residual en la Ciudad de Morelia, Michoacán (2005-2006) .....	72
Tabla V—17. Coordenadas UTM Zona 14 N de los sitios de muestreo en las superficies de CUSTF .....	74
Tabla V—18. Resultados de los estimadores no paramétricos de riqueza potencial utilizados para las superficies de CUSTF .....	76
Tabla V—19. Eficiencia del esfuerzo de muestreo mediante estimadores no paramétricos calculada en las superficies de CUSTF .....	78
Tabla V—20. Intensidad de muestreo dentro de las superficies requeridas para el desarrollo de CUSTF .....	79
Tabla V—21. Cálculo de los parámetros estadísticos para estimar la intensidad de muestreo .....	80
Tabla V—22. Resultados de los parámetros estadísticos calculados para el bosque de encino para la estimación de la intensidad de muestreo .....	80
Tabla V—23. Usos de suelo y vegetación en las superficies necesarias para la realización del CUSTF .....	86
Tabla V—24. Proporción de la superficie de Bosque de encino en la CHF con respecto a la superficie solicitada para CUSTF .....	88
Tabla V—25. Valores estructurales para el bosque de encino en superficies de CUSTF.	89
Tabla V—26. Riqueza taxonómica registrada para los tres estratos del bosque de encino en las superficies de CUSTF .....	93
Tabla V—27. Parámetros ecológicos (densidad, dominancia y frecuencia) absolutos y relativos, e índice de valor de importancia (IVI) para cada estrato de las especies del bosque de encino en las superficies de CUSTF .....	97
Tabla V—28. Abundancia, riqueza diversidad y equidad de los tres estratos que componen el bosque de encino de las superficies de CUSTF .....	100
Tabla V—29. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas para registro de mamíferos en el AP .....	120

---

Tabla V—30. Transectos utilizados para el monitoreo de fauna silvestre en el AP .....	126
Tabla V—31. Número de especies, familias y órdenes de los diferentes grupos de vertebrados registrados en el AP .....	130
Tabla V—32. Listado general de especies de fauna registradas durante los trabajos de campo en el AP .....	131
Tabla V—33. Especies registradas en el AP del proyecto que se encuentran en alguna categoría de protección, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 .....	136
Tabla V—34. Coordenadas de los registros de fauna silvestre enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	137
Tabla V—35. Listado de las especies registradas en el monitoreo que se consideran endémicas a México .....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura V—1. Clima del AP .....	12
Figura V—2. Estaciones meteorológicas cerca del AP .....	13
Figura V—3. Climograma de la estación 16045 El Temazcal.....	15
Figura V—4. Climograma de la estación 16055 Jesús del Monte .....	17
Figura V—5. Climograma de la estación 16081 Morelia .....	19
Figura V—6. Climograma de la estación 16022 Cointzio .....	21
Figura V—7. Climograma de la estación 16120 Santiago Undameo.....	23
Figura V—8. Temperatura promedio del AP .....	25
Figura V—9. Precipitación promedio del AP .....	26
Figura V—10. Velocidad del viento del 1° de enero al 6 de diciembre de 2022. Fuente: Estación Meteorológica del Posgrado de Ing. Electrónica del Instituto Tecnológico de Morelia (2022).....	27
Figura V—11. Probabilidad de heladas en el AP .....	30
Figura V—12. Trayectoria histórica de huracanes en el AP .....	38
Figura V—13. Tipos de suelo en el AP .....	40
Figura V—14. Pendiente del Predio.....	42
Figura V—15. Provincia fisiográfica en la que está contenida el AP .....	45
Figura V—16. Placas tectónicas .....	46
Figura V—17. Subprovincia fisiográfica en las que está contenida el AP.....	48
Figura V—18. Geología del AP .....	50
Figura V—19. Fracturas próximas al AP .....	55
Figura V—20. Fallas próximas al AP .....	56
Figura V—21. Cuencas hidrográficas en las que se encuentra el AP .....	59
Figura V—22. Subcuencas hidrográficas en las que se encuentra el AP .....	60

Figura V—23. Microcuencas hidrográficas en las que se encuentra el AP.....	61
Figura V—24. Hidrología superficial del AP .....	64
Figura V—25. Acuíferos del AP .....	67
Figura V—26. Ubicación de los puntos de muestreo realizados dentro del área destinada para el CUSTF.....	75
Figura V—27. Curva de acumulación de especies observadas e intervalos de confianza al 95% para las superficies de CUSTF .....	77
Figura V—28. Curva de acumulación de especies registradas y estimadas para las superficies de CUSTF mediante estimadores no paramétricos.....	78
Figura V—29. Método de muestreo para el levantamiento de información de campo para la CHF y para las superficies de CUSTF .....	82
Figura V—30. Superficie del proyecto que se solicita en materia de CUSTF .....	87
Figura V—31. Vista general del bosque de encino en el cual se pretende ejecutar el CUSTF .....	89
Figura V—32. Clases diamétricas del bosque de encino de las superficies de CUSTF ...	90
Figura V—33. Clases de altura para el bosque de encino en las superficies de CUSTF..	91
Figura V—34. Familias dominantes e individuos por familia botánica en el bosque de encino en las superficies de CUSTF .....	92
Figura V—35. Número de especies endémicas o bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, registradas en las superficies de CUSTF	103
Figura V—36. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja .....	112
Figura V—37. Red de niebla instalada a nivel de sotobosque (tomado de Nagorsen y Peterson, 1980) .....	117
Figura V—38. Secuencia de extracción de un murciélago de la red .....	119
Figura V—39. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas utilizadas para registro de mamíferos en el AP .....	121

Figura V—40. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de campo en el AP.....	127
Figura V—41. Proporción de especies registradas por cada Clase de vertebrados .....	131
Figura V—42. Número de especies por categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (última actualización de 2019).....	135
Figura V—43. Número de especies por categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (última actualización de 2019).....	135
Figura V—44. Fauna silvestre registrada en el AP que se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	138
Figura V—45. Proporción de especies endémicas para cada Clase de vertebrados, con respecto del total de especies caracterizadas para el AP .....	140
Figura V—46. Número de especies registradas en el AP por estatus de residencia .....	142
Figura V—47. Número de especies por estatus de residencia para cada clase de vertebrados.....	142
Figura V—48. Riqueza de vertebrados obtenida durante los trabajos de campo en el AP. ....	143
Figura V—49. Curva de acumulación de las especies de vertebrados registradas en el AP .....	145
Figura V—50. Abundancia de vertebrados registrados en el AP. Gráfico en escala log. Base 10 .....	146

## 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 IV del Artículo 141 del Nuevo Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que establece lo siguiente:

### **Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**

**Artículo 141.** *Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente:*

...

**IV.** *Descripción de las condiciones del área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;*

Acorde con lo señalado previamente, este apartado estará orientado a ofrecer una caracterización del Predio o Área del Proyecto (AP) en el que están comprendidas las Superficies de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (Superficies de CUSTF) en sus elementos bióticos y abióticos, con el objetivo de conocer sus condiciones ambientales actuales y poder realizar un diagnóstico adecuado del impacto que podría tener el CUSTF de la vegetación forestal.

## V. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES, QUE INCLUYA CLIMA, TIPOS DE SUELO, PENDIENTE MEDIA, RELIEVE, HIDROGRAFÍA Y TIPOS DE VEGETACIÓN Y DE FAUNA

### V.1 MEDIO FÍSICO

#### V.1.1 Clima

Con base en la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García (1981), en el Predio o Área del Proyecto (AP) sólo se reporta el clima templado subhúmedo C(w1)(w) (Figura V—1). Éste es un tipo de clima con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con régimen de lluvias en verano, muy húmedo, y con un grado de humedad mayor de 55.0. Este clima también se encuentra en lugares con vegetación de selva baja y/o pastizales.

##### ***V.1.1.1 Temperaturas y precipitación promedio mensual, anual y extremas***

En las cercanías del Predio se localizan siete estaciones meteorológicas de la CONAGUA en operación: Acuitzio del Canje (16001), El Temazcal (16045), Jesús del Monte (16055), Morelia (OBS) (16080), Morelia (16081), San Miguel del Monte (16114) y El Colegio (16512) (Figura V—2). Las estaciones Cointzio (16022), Cuitzillo Grande (16028) y Santiago Undameo (16120) también se encuentran cerca del AP, pero actualmente están suspendidas.

Para el presente análisis, se consideran los registros históricos de 1951 a 2010 de las estaciones El Temazcal, Jesús del Monte, Morelia, Cointzio y Santiago Undameo. Estas estaciones se seleccionaron ya que contaban con información climática para más del 75% de los años comprendidos en este periodo.

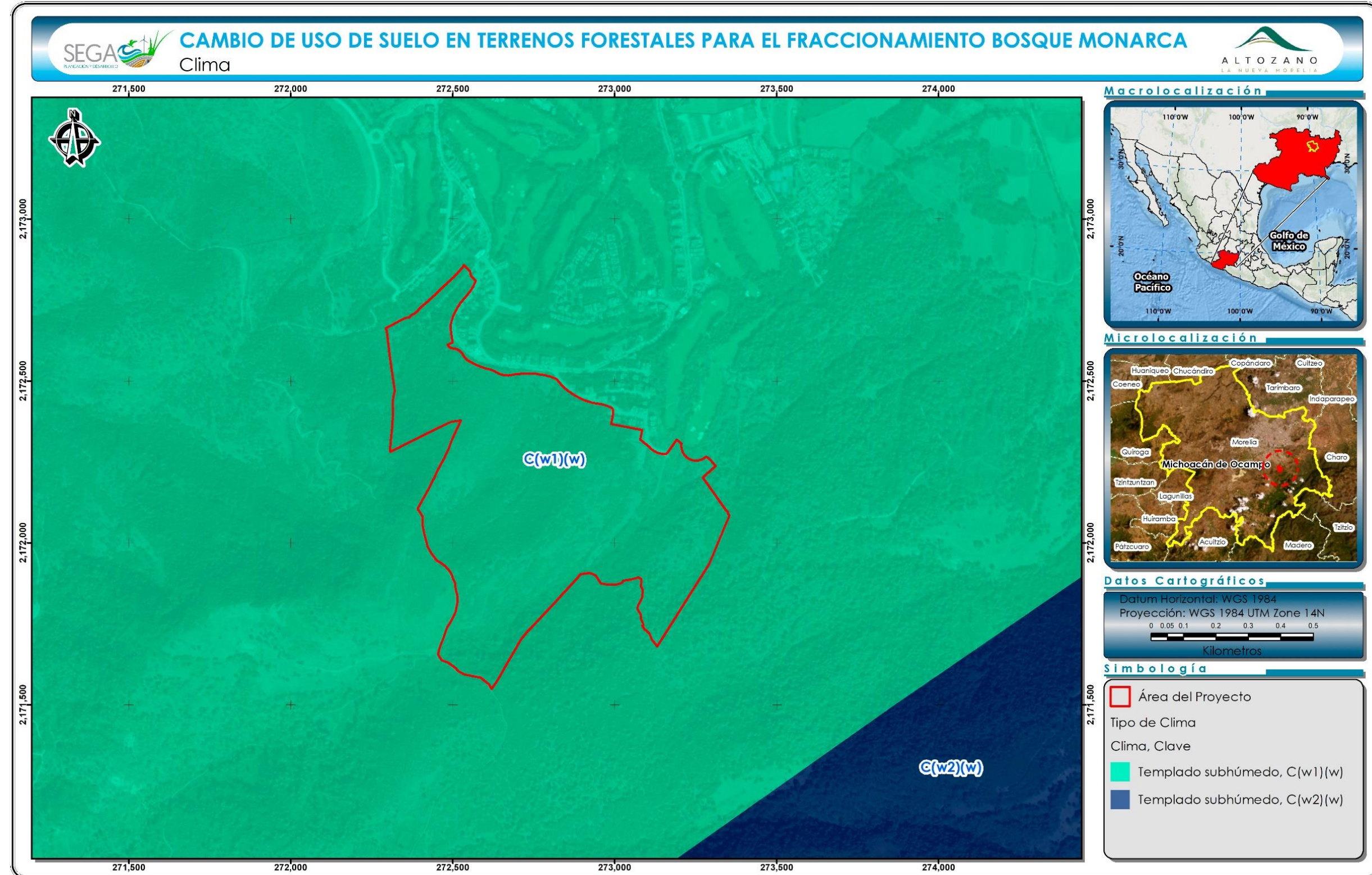


Figura V—1. Clima del AP

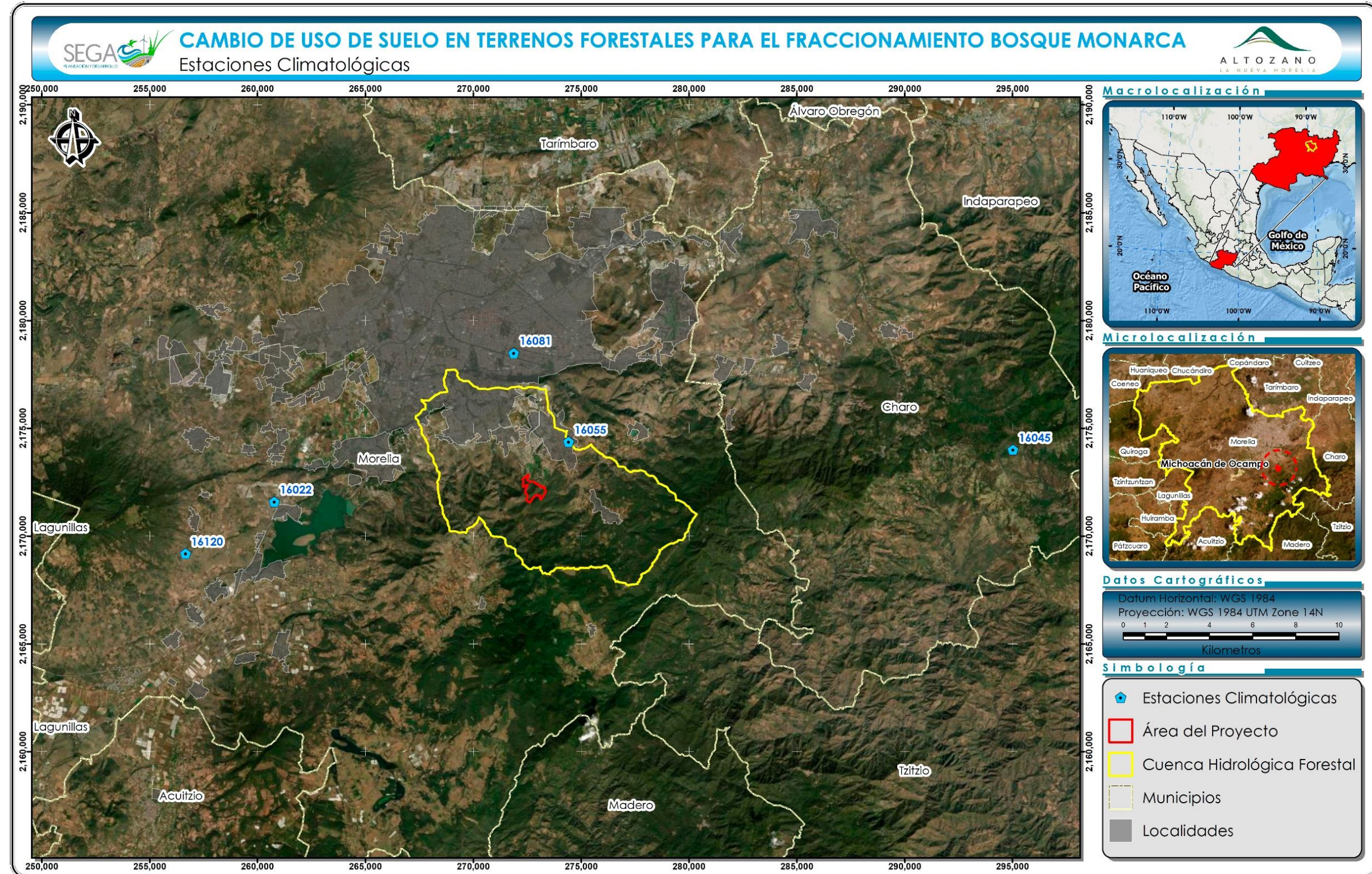


Figura V—2. Estaciones meteorológicas cerca del AP

### **Estación meteorológica El Temazcal (No. 00016045)**

La Estación El Temazcal se ubica en Charo, Michoacán, y se encuentra a 2,220 msnm. Sus coordenadas geográficas son 19.650556° Latitud y -100.955000° Longitud. La temperatura máxima anual fue de 22.9 °C, la temperatura media anual fue de 17.0 °C y la temperatura mínima anual fue de 11.1 °C. Enero presenta las temperaturas más bajas y mayo las más elevadas. En la siguiente tabla, se presentan los valores de temperatura registrados por la estación:

Tabla V—1. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16045 (El Temazcal, Charo, Michoacán)

Estación 16045 El Temazcal (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura Máxima (°C)</b>													
Normal	21.0	22.4	24.7	26.7	26.7	23.6	21.6	21.5	21.5	21.7	21.7	21.2	22.9
Máxima Mensual	25.2	25.9	28.8	30.7	30.1	28.0	27.1	27.3	27.8	26.4	26.3	25.6	
Año de Máxima	1968	1967	1965	1965	1965	2005	1990	1990	1990	1990	1965	2002	
Máxima Diaria	29.0	29.5	33.0	34.0	36.0	35.5	29.0	29.0	29.0	29.5	29.0	28.0	
<b>Temperatura media (°C)</b>													
Normal	14.9	15.9	17.7	19.4	19.9	18.1	16.9	16.8	16.7	16.6	15.9	15.3	17.0
<b>Temperatura mínima (°C)</b>													
Normal	8.7	9.3	10.6	12.1	13.0	12.7	12.1	12.0	12.0	11.4	10.0	9.3	11.1
Mínima mensual	2.6	6.4	7.0	7.2	11.5	10.8	10.6	8.7	10.2	9.9	5.1	3.2	
Año de mínima	1965	1983	1965	1965	1992	1997	1998	1999	1998	2010	2002	2002	
Mínima diaria	0.0	0.5	2.0	6.0	7.0	7.0	5.0	6.0	6.0	3.5	-3.0	-1.0	

Con respecto a las lluvias, la precipitación total anual fue de 1,396.1 mm, y la precipitación máxima mensual se presentó en el mes de julio de 2020 con un total de 607.0 mm. La precipitación máxima diaria fue 133.0 mm, en febrero (Tabla V—2).

De acuerdo con la información retomada de las normales climatológicas, se registró un total de 112.5 días con lluvia, 13.9 días con niebla, 0.8 días con granizo y 8.7 días con tormentas eléctricas.

Tabla V—2. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16045 (El Temazcal, Charo, Michoacán)

Estación 16045 El Temazcal (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Precipitación pluvial (mm)</b>													
<b>Normal</b>	26.9	17.6	8.4	16.1	53.2	229.0	323.3	313.6	272.1	104.8	21.7	9.4	1,396.1
<b>Máxima Mensual</b>	239.5	303.5	53.0	140.5	171.0	401.0	607.0	470.3	517.5	279.5	73.5	45.0	
<b>Año de Máxima</b>	1992	2010	1988	1973	1967	1990	2010	1993	1971	1976	1974	1995	
<b>Máxima Diaria</b>	77.0	133.0	42.5	65.0	47.2	86.0	95.0	88.0	93.0	85.5	70.0	35.0	

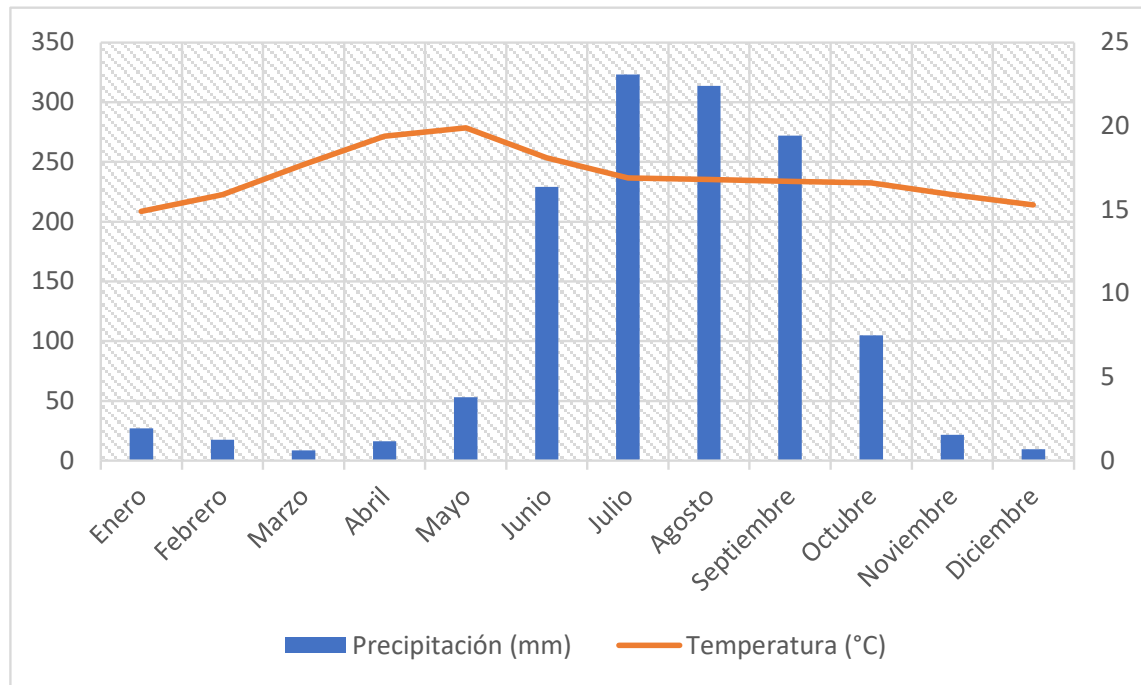


Figura V—3. Climograma de la estación 16045 El Temazcal

### **Estación meteorológica Jesús de Monte (No. 00016055)**

Está ubicada a 2,180 msnm en la localidad de Jesús del Monte, Municipio de Morelia, a 19.651667° de Latitud y -101.151389° de Longitud.

La temperatura máxima anual fue de 24.8 °C, la temperatura media anual fue de 17.5 °C y la temperatura mínima anual fue de 10.2 °C. Mayo presentó la temperatura máxima mensual y la temperatura media normal más elevada, en tanto que enero tuvo la temperatura mínima mensual y temperatura media normal más baja, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla V—3. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16055 (Jesús del Monte, Morelia, Michoacán)

Estación 16055 Jesús de Monte (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura Máxima (°C)</b>													
Normal	21.7	22.8	26.7	30.3	31.1	26.8	23.8	23.3	22.9	23.2	22.7	21.9	24.8
Máxima Mensual	26.9	28.8	34.7	40.6	37.2	35.1	28.6	28.2	28.1	28.7	28.9	26.7	
Año de Máxima	1969	1969	1976	1970	1988	1969	1975	1997	2005	1974	1994	1994	
Máxima Diaria	32.2	33.2	38.2	43.2	43.1	41.0	36.4	34.0	34.1	33.0	33.0	31.4	
<b>Temperatura media (°C)</b>													
Normal	14.9	16.0	18.8	21.1	21.5	19.0	17.2	16.9	16.6	16.6	16.2	15.2	17.5
<b>Temperatura mínima (°C)</b>													
Normal	8.2	9.2	10.9	11.8	11.9	11.2	10.5	10.5	10.3	10.1	9.6	8.6	10.2
Mínima mensual	2.3	3.2	6.6	7.9	8.5	8.0	7.0	7.9	7.7	7.8	7.3	3.0	
Año de mínima	1956	2004	2005	2005	1984	1987	1987	1987	2002	1987	1987	2004	
Mínima diaria	-1.0	-1.0	0.6	6.0	2.2	0.6	0.5	0.8	0.4	0.0	0.0	-1.0	

La precipitación normal total anual fue de 951.6 mm, y la precipitación máxima mensual ocurrió el mes de julio de 1998 con un total de 426.2 mm. La precipitación máxima diaria fue de 97.0 mm, en septiembre (Tabla V—4).

En el periodo de 1951-2010, hubo un total de 89.0 días con lluvia, 60.5 días con niebla, 3.8 días con granizo y 11.8 días con tormentas eléctricas.

Tabla V—4. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16055 (Jesús del Monte, Morelia, Michoacán)

Estación 16055 Jesús de Monte (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Precipitación pluvial (mm)</b>													
<b>Normal</b>	17.0	11.4	7.9	18.4	51.5	155.6	205.5	216.0	169.0	71.3	19.6	8.4	951.6
<b>Máxima Mensual</b>	183.4	193.4	75.6	100.9	195.0	348.7	426.2	360.6	352.2	183.9	96.8	38.2	
<b>Año de Máxima</b>	1992	2010	1997	1997	1985	2001	1998	1965	1962	2004	1995	1976	
<b>Máxima Diaria</b>	40.5	72.4	31.0	75.5	38.5	66.4	70.7	71.0	97.0	33.5	50.7	35.0	

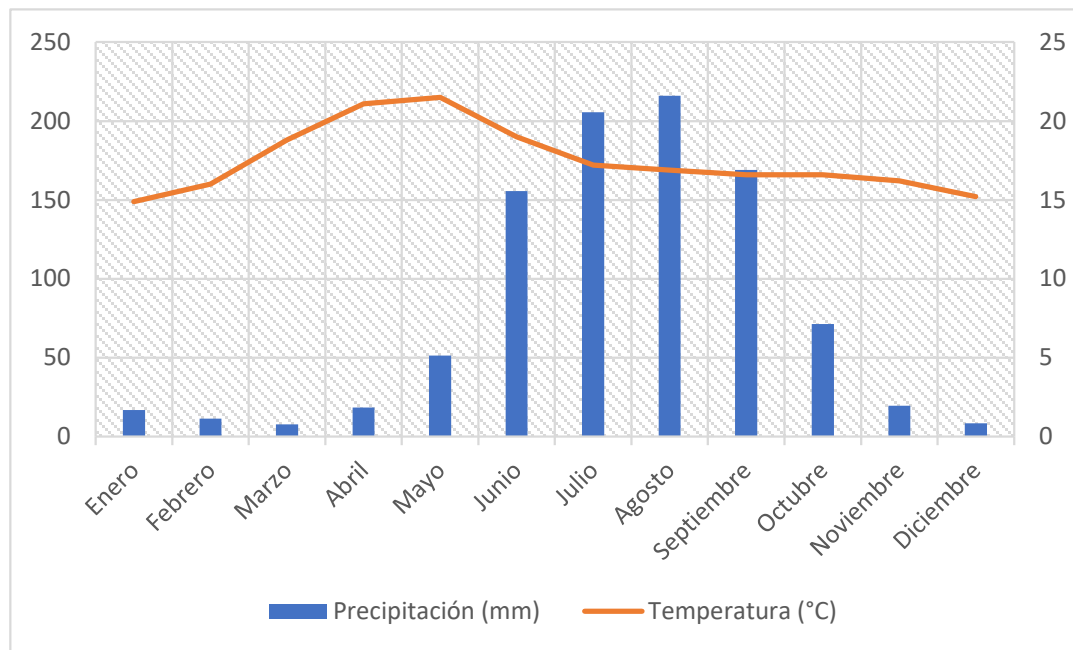


Figura V—4. Climograma de la estación 16055 Jesús del Monte

### **Estación meteorológica Morelia (No. 00016081)**

Esta estación se ubica en la Ciudad de Morelia, Michoacán, en las coordenadas geográficas 19.688611° Latitud y -101.176111° Longitud, a una altitud de 1,908 msnm.

La temperatura máxima anual fue de 26.6 °C, mientras que la temperatura media anual fue de 18.2 °C y la temperatura mínima anual fue de 9.9 °C. Enero presenta las temperaturas más bajas y mayo las más elevadas. En la siguiente tabla, se presenta los valores de temperatura registrados por la estación:

Tabla V—5. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16081 (Morelia, Morelia, Michoacán)

Estación 16081 Morelia (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura Máxima (°C)</b>													
Normal	23.8	25.6	27.9	30.0	30.6	28.4	26.1	26.0	25.5	25.5	25.3	24.2	26.6
Máxima Mensual	27.2	29.0	32.6	33.9	34.3	34.2	32.4	29.7	29.3	29.3	28.9	29.7	
Año de Máxima	1986	1977	1977	2000	1983	1976	1982	1977	1977	1970	1993	1993	
Máxima Diaria	35.0	33.0	39.0	36.5	38.0	38.5	34.5	32.0	33.0	34.0	38.3	33.0	
<b>Temperatura media (°C)</b>													
Normal	14.5	15.8	18.1	20.3	21.5	20.9	19.4	19.4	19.1	18.0	16.5	15.0	18.2
<b>Temperatura mínima (°C)</b>													
Normal	5.2	6.1	8.4	10.6	12.5	13.4	12.8	12.9	12.7	10.5	7.8	5.9	9.9
Mínima mensual	0.4	2.3	4.0	6.4	7.7	8.0	6.6	9.5	8.4	4.8	4.3	2.8	
Año de mínima	1956	1960	1983	1983	1984	1993	1981	1981	1981	1952	1966	1954	
Mínima diaria	-4.4	-3.0	0.2	1.7	4.6	3.0	3.9	6.0	5.0	0.0	-1.1	-4.4	

La precipitación normal total fue de 803.6 mm y la máxima diaria fue de 85.3 mm, en junio. La precipitación máxima mensual ocurrió en julio de 2010 y fue de 294.7 mm (Tabla V—6).

De acuerdo con la información retomada de las normales climatológicas, se registraron un total de 109.5 días con lluvia, 32.7 días con niebla, 2.7 días con granizo y 11.1 días con tormentas eléctricas.

Tabla V—6. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16081 (Morelia, Morelia, Michoacán)

Estación 16081 Morelia (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Precipitación pluvial (mm)</b>													
<b>Normal</b>	18.8	9.3	9.8	14.2	46.3	141.7	183.0	166.8	140.6	55.4	12.1	5.6	803.6
<b>Máxima Mensual</b>	136.3	151.8	144.4	144.4	101.2	284.0	294.7	267.6	287.9	171.6	63.3	38.4	
<b>Año de Máxima</b>	2003	2010	1959	1959	1956	2002	2010	2010	1998	1976	1952	1979	
<b>Máxima Diaria</b>	51.5	63.5	46.1	46.1	59.0	85.3	75.4	66.3	66.0	51.7	38.5	21.5	

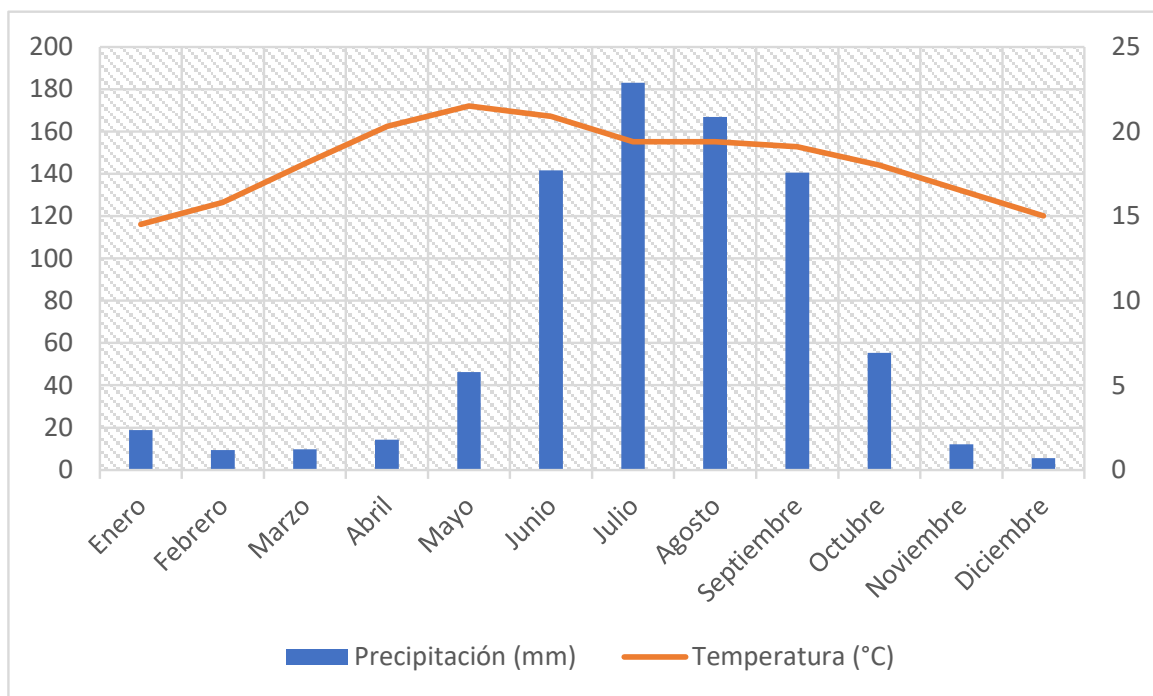


Figura V—5. Climograma de la estación 16081 Morelia

### **Estación meteorológica Cointzio (No. 00016022)**

La Estación Cointzio se encuentra en Morelia, Michoacán, y se encuentra a 2096 msnm. Sus coordenadas geográficas son 19.625000° Latitud y -101.281111° Longitud.

La temperatura máxima anual fue de 25.6 °C, mientras que la temperatura media anual fue de 17.9 °C y la temperatura mínima anual fue de 9.7 °C. Enero presenta las temperaturas más bajas y mayo las más elevadas. En la siguiente tabla, se presenta los valores de temperatura registrados por la estación:

Tabla V—7. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16022 (Cointzio, Morelia, Michoacán)

Estación 16022 Cointzio (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura Máxima (°C)</b>													
Normal	23.4	25.0	27.2	29.1	29.4	26.7	24.3	24.3	24.3	24.9	24.7	23.3	25.6
Máxima Mensual	28.5	31.4	34.5	35.2	35.8	31.7	27.0	27.1	26.5	28.0	28.4	29.3	
Año de Máxima	1994	1994	1994	1994	1998	2005	1994	1997	1996	1993	1994	1993	
Máxima Diaria	31.5	34.0	39.0	38.5	39.5	38.0	31.5	32.0	34.0	34.6	31.6	31.5	
<b>Temperatura media (°C)</b>													
Normal	14.3	15.5	17.6	19.6	20.7	20.1	18.5	18.4	18.3	17.7	16.3	14.7	17.6
<b>Temperatura mínima (°C)</b>													
Normal	5.2	6.0	7.9	10.0	12.0	13.4	12.6	12.5	12.4	10.6	7.9	6.0	9.7
Mínima mensual	1.7	3.5	5.4	8.0	10.5	12.2	5.3	5.3	7.5	6.1	5.7	3.4	
Año de mínima	1973	1983	1986	1996	1993	2001	1974	1974	1974	1952	1999	1999	
Mínima diaria	-4.0	-5.5	0.0	0.0	0.5	7.0	0.5	0.5	1.3	1.0	-0.5	-2.5	

La precipitación normal total anual fue de 822.8 mm, y la precipitación máxima mensual ocurrió el mes de julio de 1968, con un total de 379.8 mm. La precipitación máxima diaria fue de 135.8 mm, en julio (Tabla V—8).

De acuerdo con la información retomada de las normales climatológicas, se registraron un total de 116.1 días con lluvia, 20.4 días con niebla, 1.7 días con granizo y 8.2 días con tormentas eléctricas.

Tabla V—8. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16022 (Cointzio, Morelia, Michoacán)

Estación 16022 Cointzio (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Precipitación pluvial (mm)</b>													
<b>Normal</b>	16.3	7.4	5.7	14.2	48.3	146.2	185.1	166.7	143.5	61.9	18.8	8.7	822.8
<b>Máxima Mensual</b>	134.0	31.4	41.4	118.0	136.5	258.8	379.8	294.7	245.4	241.7	84.1	58.3	
<b>Año de Máxima</b>	1958	1965	1997	1959	1956	1999	1968	1975	1967	1976	1992	1979	
<b>Máxima Diaria</b>	50.0	21.7	19.2	29.3	50.5	78.0	135.8	54.0	78.9	80.0	44.2	21.2	

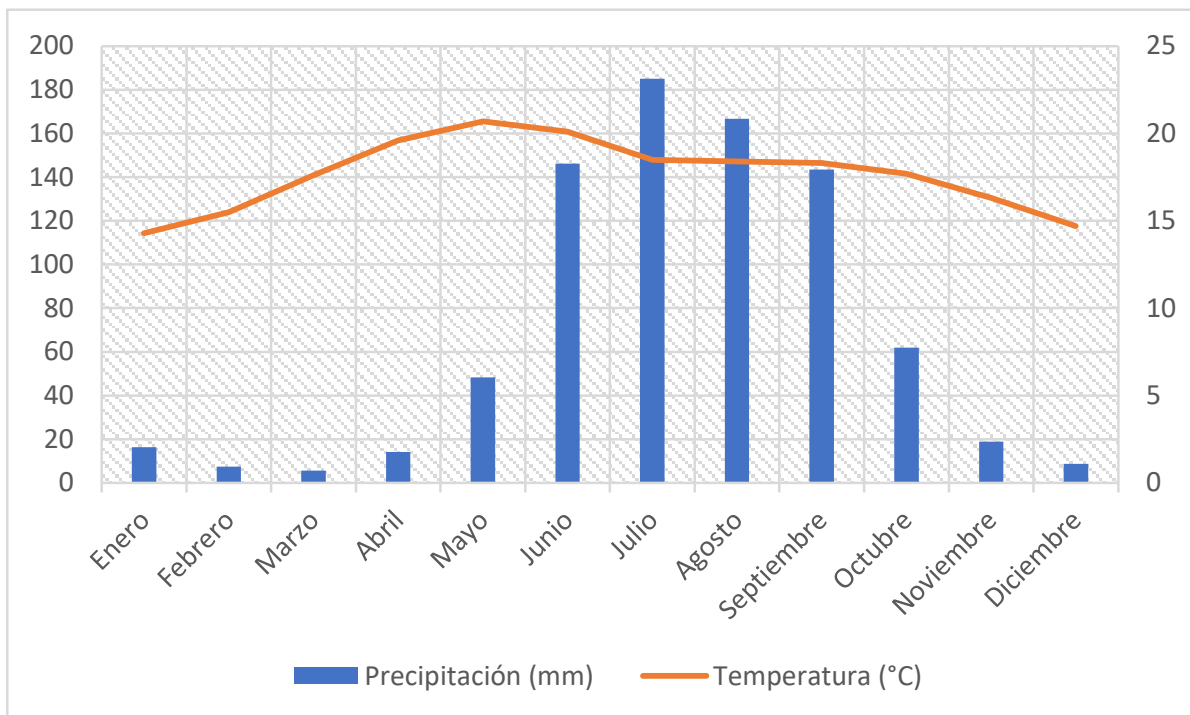


Figura V—6. Climograma de la estación 16022 Cointzio

### **Estación meteorológica Santiago Undameo (No. 00016120)**

Está ubicada a 2,130 msnm en Morelia, a 19.602778° de Latitud y -101.320000° de Longitud. La temperatura máxima anual fue de 24.8 °C, la temperatura media anual fue de 16.2 °C y la temperatura mínima anual fue de 7.7 °C. Mayo presentó la temperatura máxima mensual y la temperatura media normal más elevada, en tanto que enero tuvo la temperatura mínima mensual y temperatura media normal más baja, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla V—9. Temperatura máxima, media y mínima registrada en la estación meteorológica 16120 (Santiago Undameo, Morelia, Michoacán)

Estación 16120 Santiago Undameo (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura Máxima (°C)</b>													
Normal	22.5	24.4	26.9	28.6	28.6	26.1	23.9	23.9	23.5	23.5	23.2	22.2	24.8
Máxima Mensual	25.4	27.8	31.5	34.5	35.0	31.6	27.1	26.6	26.1	26.3	26.3	25.4	
Año de Máxima	2000	1996	1991	2005	1998	2005	2002	1997	2002	1970	2005	1993	
Máxima Diaria	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	36.5	30.9	30.0	29.5	29.5	29.5	29.0	
<b>Temperatura media (°C)</b>													
Normal	12.3	13.7	15.8	17.9	19.3	19.3	18.0	17.9	17.6	16.2	14.2	12.6	16.2
<b>Temperatura mínima (°C)</b>													
Normal	2.2	3.0	4.8	7.1	10.0	12.5	12.1	12.0	11.7	8.9	5.1	3.0	7.7
Mínima mensual	-1.2	-0.7	2.1	4.7	5.8	10.3	8.5	9.4	9.4	5.7	1.3	-1.2	
Año de mínima	1996	2004	1983	1995	2003	1995	1995	1995	1995	1987	2001	2003	
Mínima diaria	-6.1	-7.5	-3.0	-1.0	1.5	4.2	6.0	5.5	2.8	-3.0	-5.0	-5.1	

La precipitación normal total anual fue de 849.3 mm, y la precipitación máxima mensual fue de 312.0 mm, en julio de 1983. La precipitación máxima diaria fue de 82.0 mm, en octubre (Tabla V—10).

En el periodo de 1951-2010, hubo un total de 109.7 días con lluvia, 7.9 días con niebla, 0.8 días con granizo y 4.5 días con tormentas eléctricas.

Tabla V—10. Precipitación normal mensual, máxima mensual y máxima diaria registrada en la estación meteorológica 16120 (Santiago Undameo, Morelia, Michoacán)

Estación 16120 Santiago Undameo (1951-2010)													
Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Precipitación pluvial (mm)</b>													
<b>Normal</b>	15.5	9.5	8.2	15.9	43.9	136.4	188.7	183.3	158.4	64.6	16.4	8.5	849.3
<b>Máxima Mensual</b>	137.2	39.7	48.6	103.4	171.7	288.8	312.0	302.6	279.4	230.2	66.5	66.4	
<b>Año de Máxima</b>	1992	1995	1997	1959	1956	1972	1983	1995	1995	1976	1992	1979	
<b>Máxima Diaria</b>	54.0	36.9	42.4	35.0	51.8	53.2	54.0	60.4	64.0	82.0	30.3	32.5	

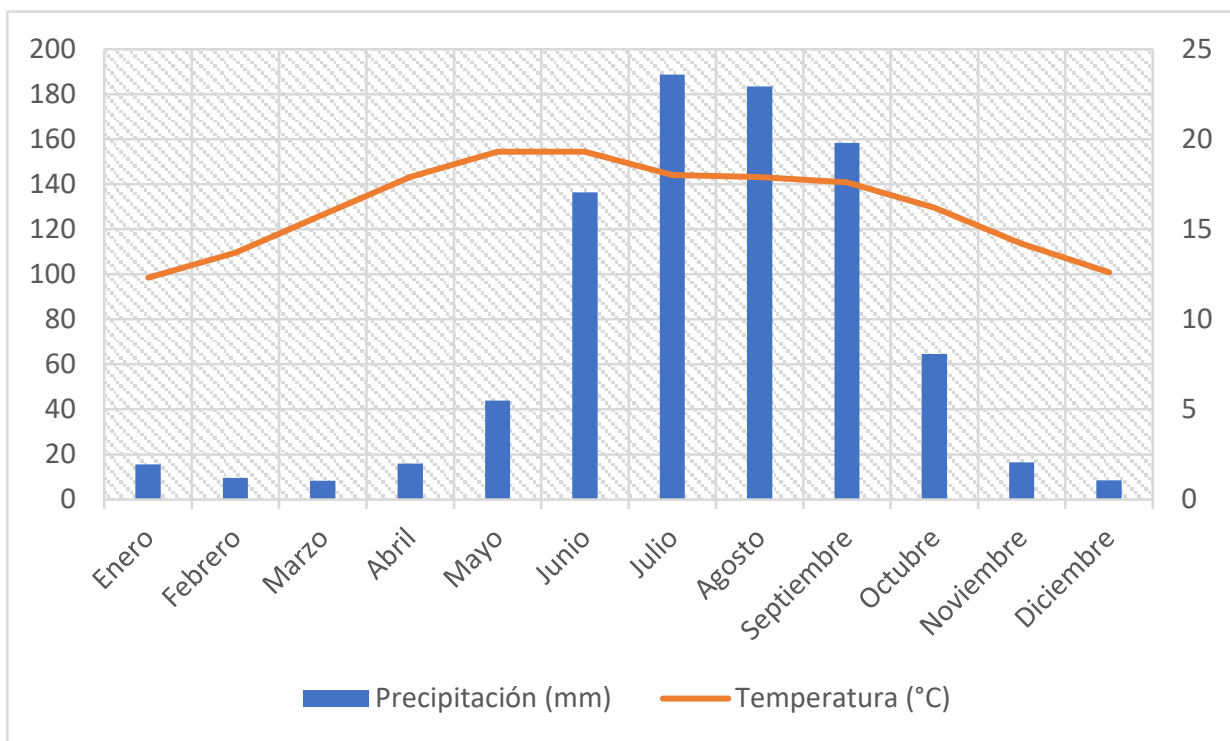


Figura V—7. Climograma de la estación 16120 Santiago Undameo

En conclusión, enero es el mes con las temperaturas más bajas y mayo el mes con las temperaturas más altas en el AP. Julio es el mes más lluvioso, en tanto que marzo y diciembre son los meses más secos.

Integrando los datos de temperatura y precipitación de las estaciones próximas al Predio y a la CHF, se obtuvo que la temperatura media oscila entre 17.5 °C y 18.08

°C (Figura V—8), y la precipitación media va de 69.07 mm a 79.97 mm (Figura V—9).

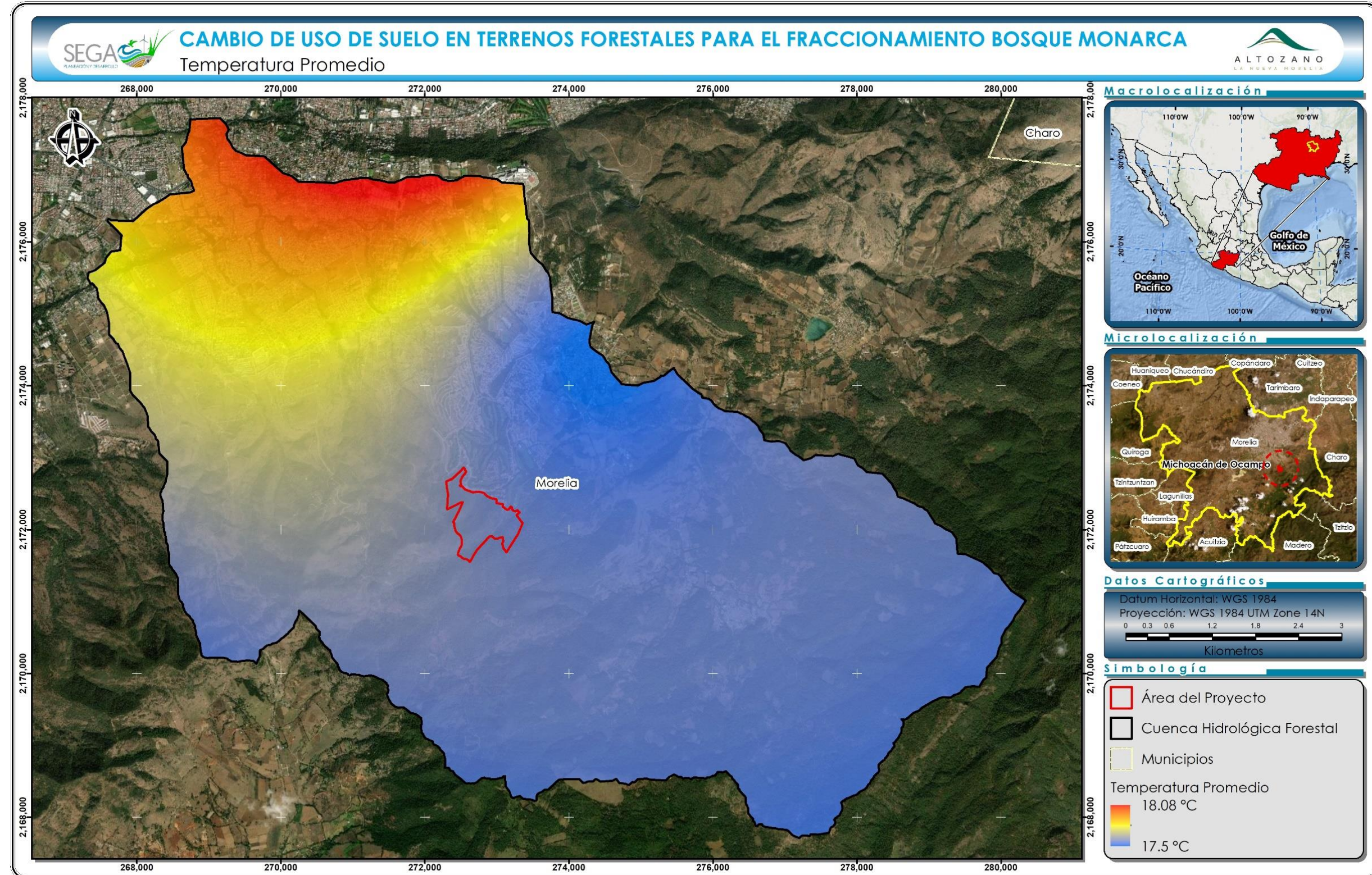


Figura V—8. Temperatura promedio del AP

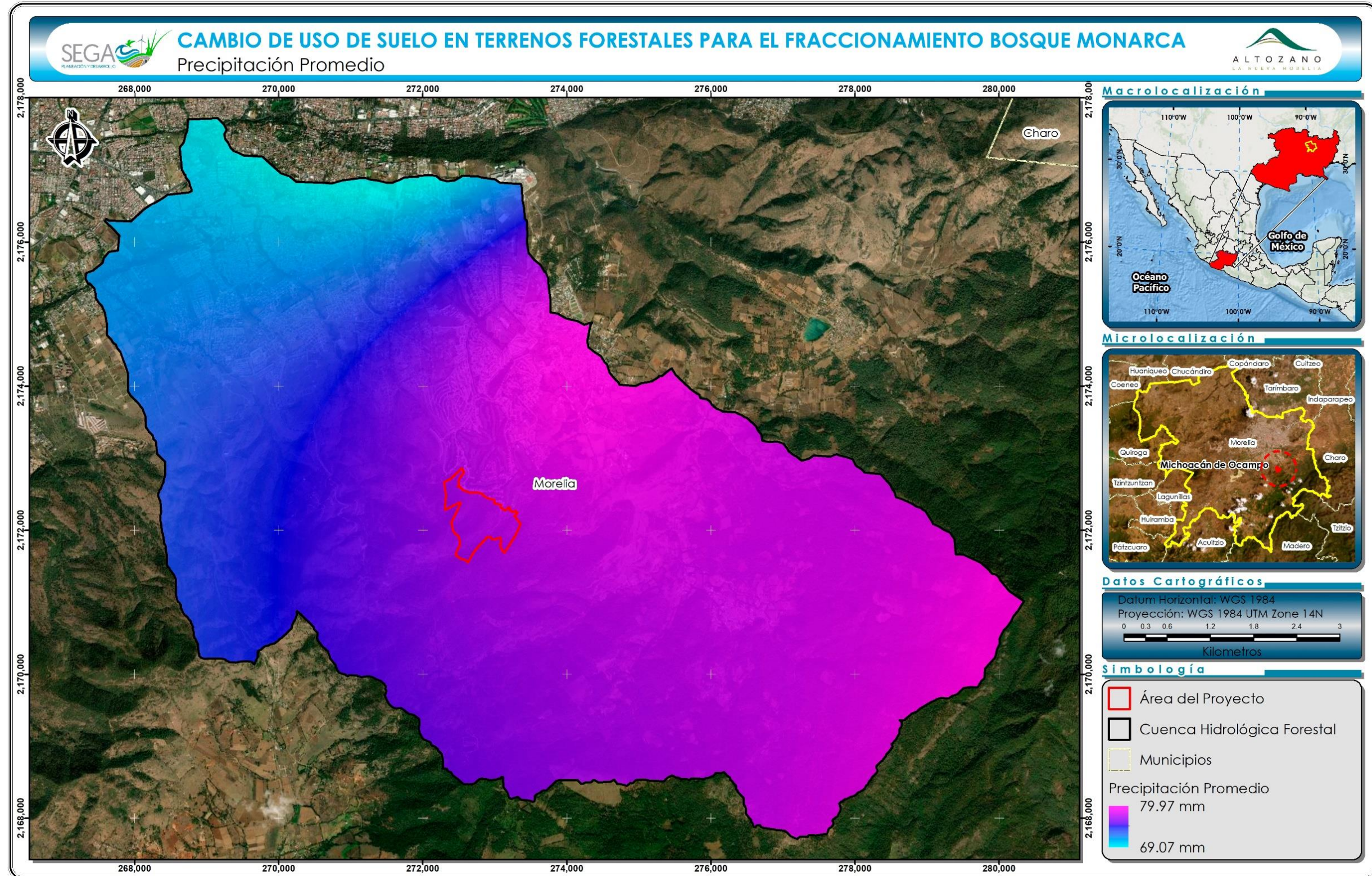


Figura V—9. Precipitación promedio del AP

### V.1.1.2 Viento y radiación solar

#### Viento

El viento es un elemento climatológico definido como "el aire en movimiento" y se describe por dos características: 1) la dirección y 2) la velocidad. La dirección y velocidad del viento influyen sobre las dinámicas de dispersión de los contaminantes del aire, por lo que recabar datos sobre estos parámetros es fundamental para adoptar medidas más eficientes para la protección de la salud humana y del medio ambiente.

Con respecto a la dirección del viento, en Morelia dominan los vientos sur-suroeste, por lo que arrastran los contaminantes hacia el norte, resultando en una mejor calidad del aire en el sur de la ciudad donde se localiza el AP.

De acuerdo con los datos de la Estación Meteorológica del Posgrado de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Morelia, la velocidad del viento desde el primero de enero hasta el 6 de diciembre de 2022 fue:

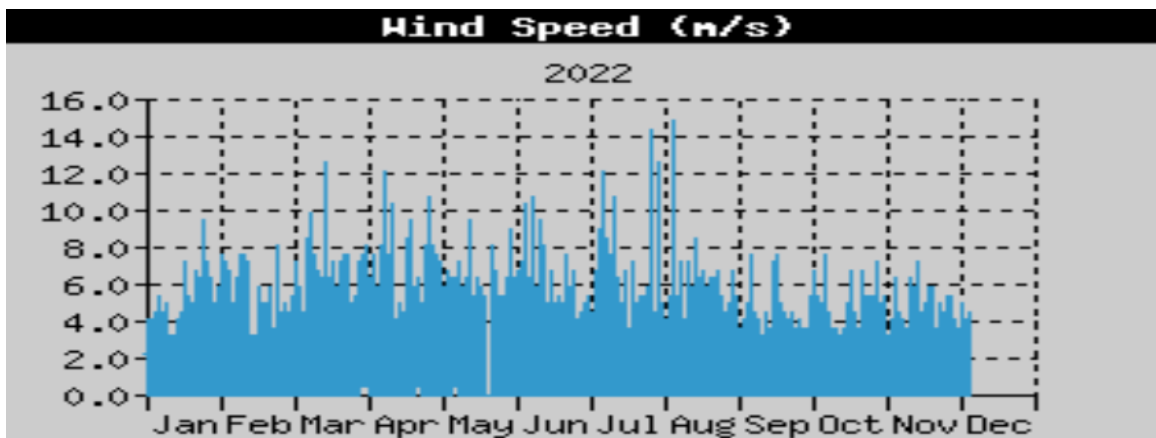


Figura V—10. Velocidad del viento del 1º de enero al 6 de diciembre de 2022. Fuente: Estación Meteorológica del Posgrado de Ing. Electrónica del Instituto Tecnológico de Morelia (2022)

Como se puede observar en el gráfico anterior, la velocidad máxima del viento en Morelia en 2022 fue de aproximadamente 15 m/s, correspondiente a una ráfaga en el mes de agosto. Este dato se traduce en un valor de 7 en la escala de Beaufort (medida empírica de la intensidad del viento que se basaba originalmente en el comportamiento del mar, de las olas y del viento pero que fue adaptada posteriormente para observaciones terrestres), indicando que se trató de un viento fuerte que causó que todos los árboles se movieran fuertemente y que los habitantes de la ciudad tuvieran trabajo en moverse contra la dirección del viento (SEMAR, s.f.). No obstante, la mayoría de los vientos a lo largo del año fueron moderados.

### ***Radiación solar***

La radiación solar es la energía emitida por el Sol que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Su importancia radica en que determina la dinámica de los procesos fotoquímicos atmosféricos y el clima, además de que puede influir sobre las tasas de formación de algunos contaminantes como el ozono y las partículas ultrafinas.

De acuerdo con el “Earth Science Enterprise Program” de la NASA, la ciudad de Morelia presenta una irradiación solar diaria promedio de 5,580 W/m<sup>2</sup> (Navarrete-González, 2019). Esto coloca a Morelia dentro de la media nacional, ya que el 90% del territorio mexicano presenta una radiación solar diaria de 5,000-6,000 W/m<sup>2</sup> (Autren, s.f.), superando la media global de 1,368 W/m<sup>2</sup> (Weier y Cahalan, 2003).

### **V.1.1.3 Heladas y huracanes**

#### **Heladas**

Las heladas se presentan cuando ocurre la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C (WMO, 1992). Estos eventos climáticos pueden generar importantes pérdidas económicas y agrícolas, además de afectar la salud de la población.

En México, la distribución de las heladas se manifiesta principalmente en dos grandes regiones: la primera y la más extensa está sobre las sierras Tarahumara, de Durango y Tepehuanes, que comprende a los estados de Chihuahua, Durango, Sonora y Zacatecas; la segunda, aunque no de menor importancia, se localiza en la parte centro del país, limita con el Eje Neovolcánico, e incluye los Estados de Michoacán, Estado de México, Ciudad de México, Tlaxcala, Puebla e Hidalgo (Matías-Ramírez, L. G. *et al.*, 2021).

Las heladas más intensas están asociadas al desplazamiento de las grandes masas polares que, desde finales del otoño, se desplazan de norte a sur sobre el país. Sin embargo, las heladas que ocurren en México durante los meses del verano son las que causan fuertes daños a la agricultura (Matías-Ramírez, L. G. *et al.*, 2021).

La totalidad del AP presenta una probabilidad baja de heladas, por lo que estos eventos climáticos no representan un problema para el desarrollo del proyecto (Figura V—11).

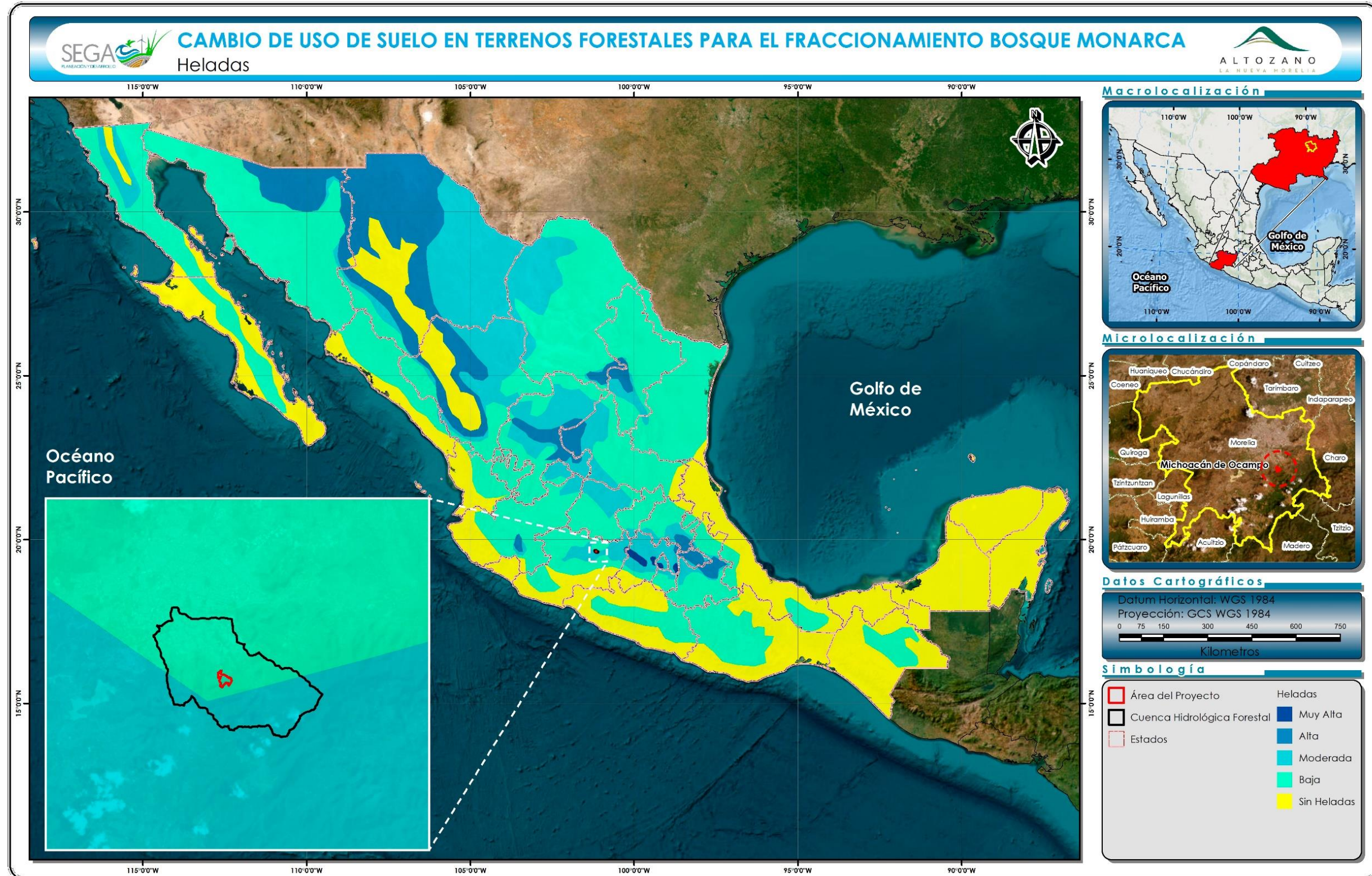


Figura V—11. Probabilidad de heladas en el AP

## Huracanes

Por su ubicación geográfica, Michoacán es propenso a ser afectado por huracanes que se forman en el Pacífico. En la siguiente tabla, se observan los huracanes formados en el Pacífico que han afectado al estado de Michoacán en los últimos 50 años, siendo los de mayor categoría (Cinco) Willa (2018), Patricia (2015), Celia (2010) y Jimena (2009).

Tabla V—11. Eventos meteorológicos extremos (huracanes) originados en el Océano Pacífico y reportados para el Estado de Michoacán en el período de 1971 al 2022

Año	Nombre	Categoría de impacto	Estados Afectados	Día de impacto	Vientos máximos km/h
2022	Roslyn	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, Dgo, Zac, Ags, Coah, NL, SLP	19 Octubre	215
	Orelene	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Dgo, Sin, Nay, Jal, Col, Mich, Gro, Zac, Ags	28 Septiembre	215
	Kay	DT, TT, H1, H2	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS	4 Septiembre	165
	Estelle	DT, TT, H1	Oax, Gro, Mich	15 Julio	140
	Celia	DT, TT	Ver, Pue, Camp, Yuc, QRoo, Oax, Chis, Gro, Mich, Col, Nay, Jal	16 Junio	100
	Blas	DT, TT, H1	BCS, Sin, Nay, Jal, Col, Mich, Gto, Gro, Edomex, CDMX, Pue, Oax, Chis	14 Junio	150
2021	Rick	DT, TT, H1, H2	Gro, Mich, Jal	22 Octubre	165
	Olaf	DT, TT, H1, H2	Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS	7 Septiembre	155
	Nora	DT, TT, H1	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin	25 Agosto	140
	Kevin	DT, TT	Sin, Nay, Jal, Col, Mich, Gro, BCS	7 Agosto	95
	Enrique	DT, TT, H1	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS	25 Junio	150

Año	Nombre	Categoría de impacto	Estados Afectados	Día de impacto	Vientos máximos km/h
	Dolores	DT, TT	Dgo, Zac, Ags, Nay, Jal, Col, Mich, Gro, Oax	18 Junio	110
	Blanca	DT, TT	Gro, Mich, Col, Jal, Nay	30 Mayo	95
2020	Hernán	DT, TT	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Son, BCS	26 Agosto	75
	Genevieve	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Chis, Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, Zac, Dgo, BCS, BC	16 Agosto	215
	Cristina	DT, TT	BCS, Sin, Nay, Jal, Col, Mich, Gro, Pue, Edomex, Mor, CDMX, Tlax, Ver, Oax, Chis	6 Julio	110
2019	Priscilla	DT, TT	Gro, Mich, Col, Jal	20 Octubre	65
	Narda	DT, TT	Chis, Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, Son	28 Septiembre	85
	Lorena	DT, TT, H1	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS, Son	17 Septiembre	140
	Alvin	DT, TT, H1	Jal, Col, Mich, Gro, Gto	25 Junio	120
2018	Xavier	DT, TT	Mich, Col, Jal	2 Noviembre	95
	Willa	DT, TT, H1, H2, H3, H4, H5	Sin, Nay, Jal, Col, Mich, Dgo, Zac	20 Octubre	195
	Vicente	DT, TT	Mich, Gro, Oax, Chis	19 Octubre	75
	Sergio	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Chih, Son, BC, BCS, Mich, Gro, Oax	26 Septiembre	220
	Ileana	DT, TT	Mich, Gro, Oax, Chis, Col, Jal, Nay	4 Agosto	100
	Carlotta	DT, TT	Mich, Gro, Oax, Chis, Tlax, Tab, Ver, Pue, Edomex, CDMX, Mor, Col, Jal	14 Junio	100
2017	Pilar	DT, TT	Mich, Gro, Oax, Col, Jal, Nay, Sin	23 Septiembre	75
	Max	DT, TT, H1	Mich, Gro, Oax	13 Septiembre	140

Año	Nombre	Categoría de impacto	Estados Afectados	Día de impacto	Vientos máximos km/h
	Lidia	DT, TT	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS, BC, Chih, Son, Zac, Dgo, Ags, Gto	29 Agosto	105
	Dora	DT, TT, H1	Mich, Gro, Oax, Chis, CDMX, Sin, Tab, Ver, Pue, Edomex, Jal, Nay, Col	24 Junio	150
	Beatriz	DT, TT	Mich, Gro, Oax, Chis, Camp, Tab, Ver, Pue, Edomex, CDMX, Mor	31 Mayo	75
2016	Tina	DT, TT	Nay, Col, Jal, Mich	13 Noviembre	65
	Newton	DT, TT, H1	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS, Chih, Son, BC, Zac, Dgo	4 Septiembre	150
	Lester	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Nay, Col, Jal, Mich	24 Agosto	220
	Javier	DT, TT	Chis, Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS, Dgo, Zac, Son, Ags	7 Agosto	100
2015	Sandra	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS, Chi, Coah, Zac, Dgo	23 Noviembre	130
	Rick	DT, TT	BCS, Sin, Nay, Col, Jal, Mich, Gro	18 Noviembre	65
	Patricia	DT, TT, H1, H2, H3, H4, H5	Jal, Col, Mich, Gro, Zac, Sin, Chih, Nay, Dgo, Ags, Gto, Qro, Hgo, Edomex, CDMX, Mor, Tlax, Pue, Coah, NL, Tamps, SLP	20 Octubre	325
	Marty	DT, TT, H1	Oax, Gro, Mich, Col, Jal	26 Septiembre	130
	Dolores	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Col, Chs, Jal, Edomex, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, Ver, CDMX, Sin, BCS	11 Julio	215

Año	Nombre	Categoría de impacto	Estados Afectados	Día de impacto	Vientos máximos km/h
	Carlos	DT, TT, H1	Col, Chs, Gro, Jal, Edomex, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, Qro, Tlax, Ver, CDMX, Gto	10 Junio	150
	Blanca	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Chis, Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS, BC, Son	31 Mayo	220
2014	Vance	DT, TT, H1, H2	Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, Son, BCS, Chih, Dgo, Zac, Ags	30 Octubre	175
	Trudy	DT, TT	Oax, Gro, Mich, Chs	17 Octubre	95
	Simon	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Jal, Nay, BCS, Sin, Dgo, Son, Mich	1 Octubre	215
	Rachel	DT, TT, H1	Gro, Mich, Col, Jal	24 Agosto	140
	Polo	DT, TT, H1	Oax, Gro, Mich, Col, Jal, BCS	16 Septiembre	120
	Odile	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, Son, BC, BCS	10 Septiembre	215
	Elida	DT, TT	Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay	30 Junio	75
2013	Raymond	DT, TT, H1, H2, H3	Oax, Gro, Mich, Col, Jal	19 Octubre	205
	Manuel	DT, TT, H1	Chis, Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin	13 Septiembre	120
	Lorena	DT, TT	Col, Gro, Jal, Mich, Nay, Sin, BCS	4 Septiembre	75
	Erick	DT, TT, H1	Col, Chs, Gro, Jal, Mich, Nay, Oax, Sin, BCS	4 Julio	130
	Dalila	DT, TT, H1	Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin	29 Junio	120
	Cosme	DT, TT, H1	Col, Chs, Gro, Jal, Mich, Nay, Oax, Sin	23 Junio	140
2012	Carlotta	DT, TT, H1, H2	Col, Chs, Gro, Hgo, Jal, Edomex, Mich,	13 Junio	165

Año	Nombre	Categoría de impacto	Estados Afectados	Día de impacto	Vientos máximos km/h
			Mor, Nay, Oax, Pue, Qro, Tab, Tlax, Ver		
	Bud	DT, TT, H1, H2, H3	Gro, Mich, Col, Jal, Nay	21 Mayo	185
2011	Jova	DT, TT, H1, H2, H3	Mich, Col, Jal, Nay	5 Octubre	205
	Hilary	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Oax, Gro, Mich, Col, Jal	21 Septiembre	230
	Depresión Tropical No. 8 del Océano Pacífico	DT	Mich, Col, Jal	31 Agosto	55
	Eugene	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Oax, Gro, Mich, Col, Jal, BCS	31 Julio	220
	Dora	DT, TT, H1, H2, H3, H4	Chis, Oax, Gro, Mich, Col, Jal, Nay, Sin, BCS	18 Julio	250
	Calvin	DT, TT, H1	Gro, Mich, Col, Jal	7 Julio	130
	Adrián	DT, TT, H1, H2, H3, H4,	Gro, Mich, Col, BCS	7 Junio	220
2010	Frank	DT, TT, H1	Chis, Oax, Gro, Mich, Col, Jal, BCS	21 Agosto	150
	Estelle	DT, TT,	Gro, Mich, Col, Jal, BCS	5 Agosto	100
	Celia	DT, TT, H1, H2, H3, H4, H5	Oax, Gro, Mich, Col	19 Junio	260
2009	Jimena	DT, TT, H1, H2, H3, H4, H5.	Gro, Mich, Col, Jal, BCS	28 Agosto	250
	Andrés		Gro, Mich, Col, Jal	21 Junio	120
	E1	DT	Mich, Col, Son, Sin	18 Junio	55
2008	Odile	TT	Gro, Mich, Col	11 Octubre	100
	DT5E	DT	Mich	31 Mayo	55
2006	Norman	DT	Col, Mich, Jal	15 Octubre	55

Año	Nombre	Categoría de impacto	Estados Afectados	Día de impacto	Vientos máximos km/h
2005	Dora	TT	Gro, Mich, Col	4 Julio	65
2002	Julio	TT	Gro, Mich, Col, Jal	26 Septiembre	65
2000	Norman	TT(DT)	Mich, Col, Jal, Sin	20 Septiembre	75 (55)
1999	Greg	H1	Gro, Col, Mich, Jal, Sin, BCS, Son	8 Septiembre.	120
1997	Pauline	H3 (H2)	Oax, Gro, Mich, Jal	8 Octubre	195 (165)
1996	Hernan	H1 (DT)	Jal, Mich, Col, Nay	3 Octubre	120 (45)
	Boris	H1	Gro, Mich, Jal, Nay.	29 Junio	148
	Alma	H2	Gro, Mich, Jal, Col	23 Junio	160
1992	Winifred	H2	Mich, Col, Jal	9 Octubre	175
	Virgil	H2	Mich, Col, Jal	3 Octubre	175
1991	Ignacio	TT	Mich, Col, Gro	18 Septiembre	95
1984	Odile	TT	Mich, Gro	22 Septiembre	93
1979	Ignacio	TT	Col, Mich	30 Octubre	100
	Andrés	H1	Mich, Col, Jal	4 Junio	120
1978	Aletta	TT	Gro, Mich	30 Mayo	85
1976	Madeline	H4	Gro, Mich	8 Octubre	230
1974	Fifi	TT	Chis, Oax, Gro, Mich	19 Septiembre	85
	Norma	TT	Gro, Mich	10 Septiembre	85
1973	Bernice	TT	Gro, Mich	23 Junio	85
1972	Annette	TT	Col, Mich	8 Junio	65
1971	Bridget	TT	Oax, Gro, Mich, Col, Jal	17 Junio	85
	Agatha	H1	Mich, Gro	24 Mayo	140

(Categoría de Impacto: H1: Categoría 1, H2: Categoría 2, H3: Categoría 3, H4: Categoría 4, H5: Categoría 5, TT: Tormenta Tropical, DT: Depresión Tropical) reportados por la Subdirección General Técnica, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA y SMN.

A pesar de que Michoacán ha sufrido numerosas afectaciones por estos fenómenos en las últimas décadas, el AP se encuentra muy lejos de la línea de costa, por lo que es difícil que sufra afectaciones directas por huracanes.

De acuerdo con los registros de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés), el AP no ha sido tocada por la trayectoria de ningún huracán en los últimos sesenta años, siendo el huracán Debby el que pasó más cerca, a una distancia aproximada de 6.3 km, en 1988 (Figura V—12) (NOAA, 2023). Por lo tanto, se considera que el riesgo de que uno de estos fenómenos afecte el AP es muy reducido.

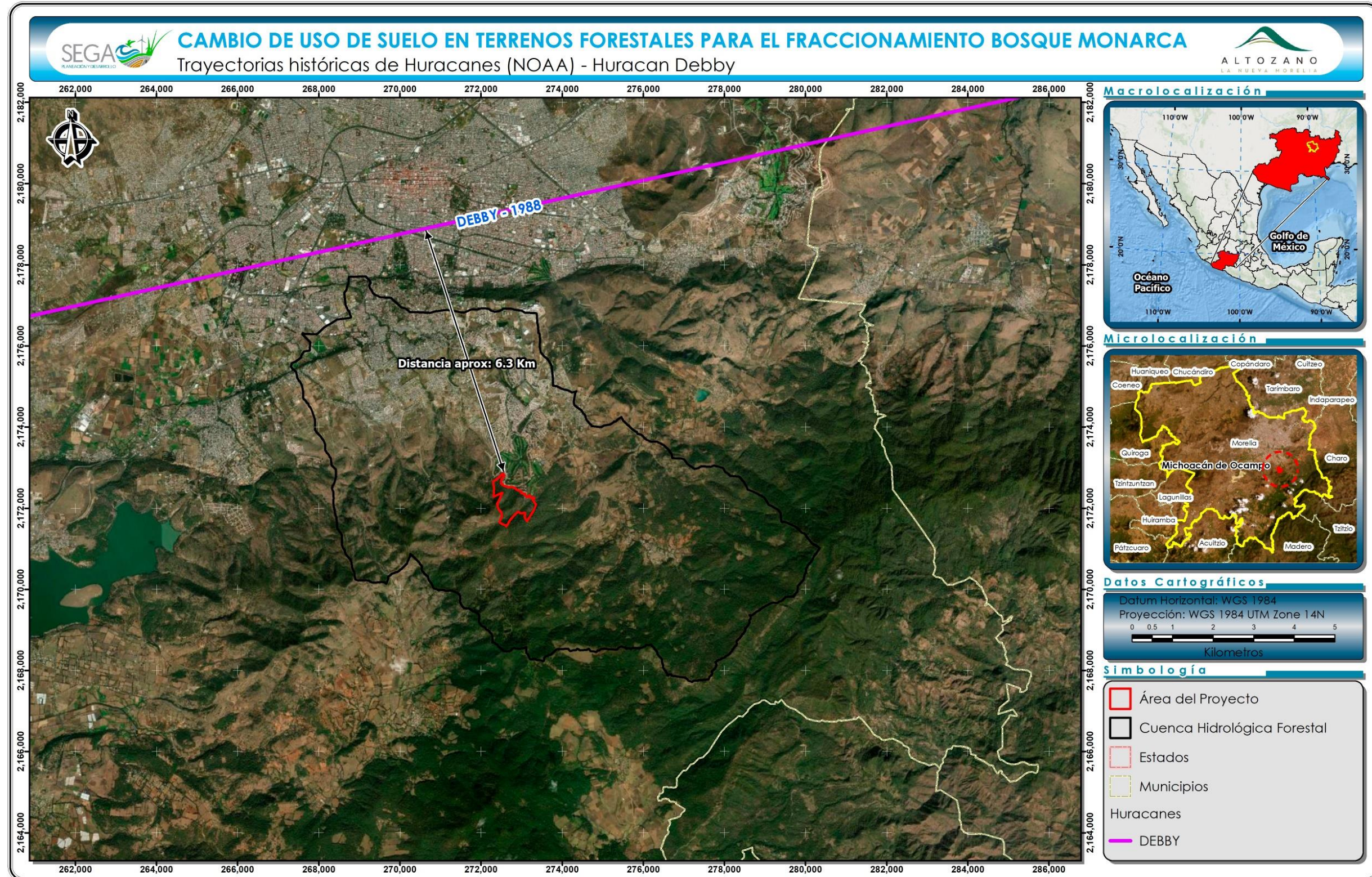


Figura V—12. Trayectoria histórica de huracanes en el AP

### V.1.2 Suelo

El suelo es un cuerpo natural tridimensional, organizado e independiente, formado a partir de la intemperización de rocas y sedimentos por la interacción del clima, la biota, el relieve y el tiempo (Jenny, 1941); sus propiedades físicas se describen a detalle en el Capítulo IV.

La importancia del suelo radica en que constituye el hábitat de seres vivos macroscópicos y microscópicos, permite el desarrollo del sistema radicular de las plantas y de los ciclos biogeoquímicos, actúa como base para la infraestructura construida por los seres humanos, es una fuente de materiales para numerosas industrias, actúa como reservorio de carbono y filtra el agua que se incorpora a los acuíferos (Nortcliff *et al.*, 2006).

De acuerdo con la capa Edafología Serie II 250 del INEGI (1:250,000), el tipo de suelo que se presenta en el AP es el luvisol (LVcr+PHlen+CMlen/3) (Figura V—13). El luvisol se caracteriza por su color rojizo o amarillento y es altamente erodable por lo fino de su textura. Se forma a partir de una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Es muy común en climas templados y fríos o cálidos húmedos con marcada estacionalidad de lluvia y sequía, y se encuentra dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado, sobre todo para la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar (SEMARNAT, s.f.).

En el AP, este tipo de suelo soporta una vegetación de bosque de encino.

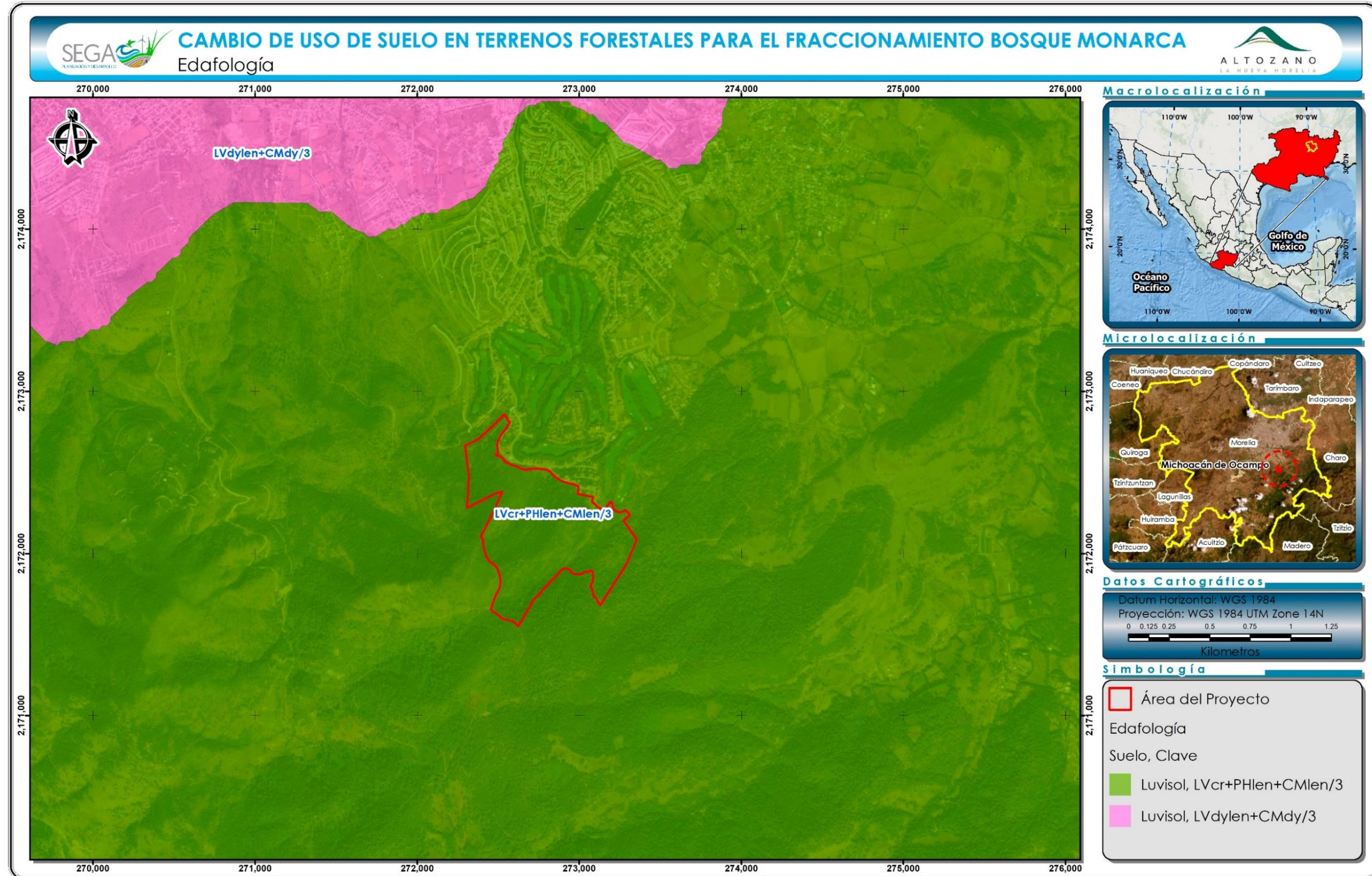


Figura V—13. Tipos de suelo en el AP

### V.1.3 Pendiente media

La pendiente se define como el ángulo que existe entre la superficie del terreno y la horizontal y su valor se expresa en porcentaje o en grados de 0° a 90° (Servicio Geológico Colombiano, 2013). Conocer la pendiente de los terrenos es fundamental dado que, a mayor grado de pendiente, aumenta la susceptibilidad de la geoforma a la generación de movimientos en masa (SGC, 2014). La remoción de masa, también conocida como inestabilidad de laderas, consiste en la pérdida de la capacidad del terreno natural para autosustentarse, lo que deriva en reacomodos y colapsos (CENAPRED, 2020). Es decir, es el proceso mediante el cual un volumen de material constituido por roca, suelo, tierras, detritos o escombros, se desplaza ladera abajo por acción de la gravedad (SGC, 2014).

La estabilidad de las laderas depende de distintas variables como la geología, la geomorfología, el grado de intemperismo, la deforestación y la actividad humana. En México, el principal tipo de inestabilidad de laderas son los deslizamientos, que ocurren más frecuentemente en temporada de lluvias, pero pueden ser detonados por sismos intensos, erupciones volcánicas y actividades humanas como cortes, colocación de sobrecargas, escurrimientos, filtraciones de agua y excavaciones, entre otros (CENAPRED, 2020).

La pendiente en el Predio va desde los 0° a los 63.2°, siendo la pendiente media de 22.25°. De acuerdo con el Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas (CENAPRED, 2020), el grado de inestabilidad del Área del Proyecto va de Moderado a Alto (Figura V—14). No obstante, este proyecto sólo implicará el cambio de uso de suelo en una superficie forestal, por lo que la probabilidad de deslizamientos será mínima.

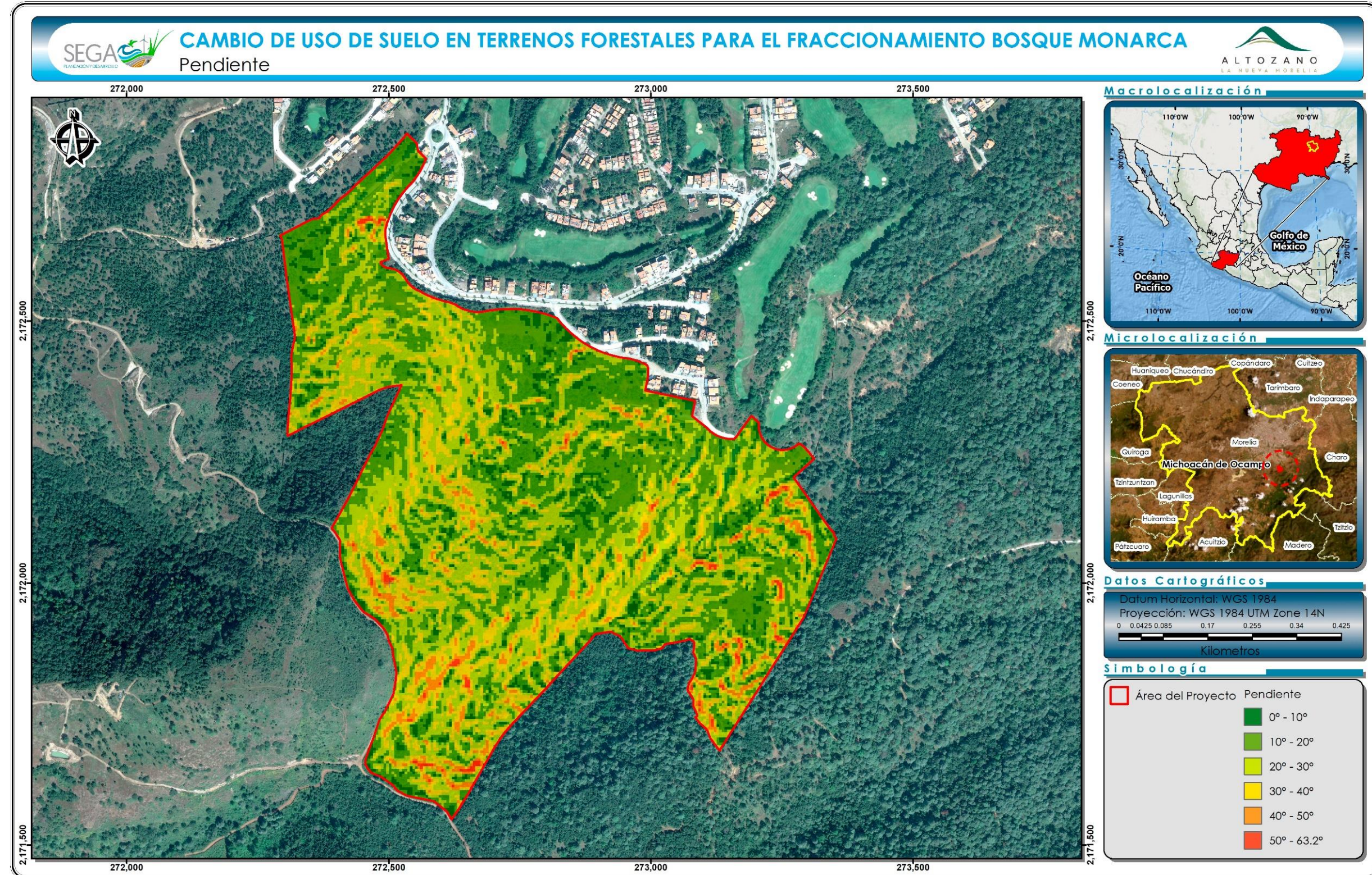


Figura V—14. Pendiente del Predio

#### V.1.4 Relieve

##### ***Provincias y subprovincias fisiográficas***

El Predio se localiza al sur de la Ciudad de Morelia, en el Estado de Michoacán de Ocampo, dentro de la **provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico** o Cinturón Volcánico Transmexicano (Figura V—15). De acuerdo con Israde-Alcántara y Garduño-Monroy (2004), esta provincia geológica configura un cinturón donde se ha alojado el vulcanismo más reciente de México generado hace 12 millones de años por la subducción de la Placa de Cocos (Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, 2010) (Figura V—16).

El Cinturón Volcánico Transmexicano colinda al norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa Central, la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte; al sur, con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur. Por el oeste llega al Océano Pacífico y por el este al Golfo de México. Abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Colima, Puebla y Veracruz, así como todo el estado de Tlaxcala y la Ciudad de México (INEGI, 1992).

La provincia se caracteriza por ser una enorme masa de rocas volcánicas de todos tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas, desde mediados del Terciario (unos 35 millones de años atrás) hasta el presente. La integran grandes sierras volcánicas, grandes coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arena y cenizas (Aguilar-Murillo, 2012).

Presenta también la cadena de grandes estrato-volcanes denominada propiamente "Eje Neovolcánico" o "Cinturón Volcánico Transmexicano", integrado por: Volcán de Colima, Tancítaro, Zinaltécatl (Nevado de Toluca), Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Matlacuéyetl (Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba), que atraviesan el país casi

en línea recta, más o menos sobre el paralelo 19 (CONAGUA, 2015a). Otro rasgo esencial de la provincia es la existencia de las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos (Pátzcuaro, Cuitzeo, Texcoco, el Carmen, etc.) o por depósitos de lagos antiguos (Zumpango, Chalco, Xochimilco, diversos llanos en el Bajío Guanajuatense, etc.). Estos lagos se han formado por bloqueo del drenaje original, debido a lavas u otros productos volcánicos, o por el afallamiento, que es otro rasgo característico de la provincia (INEGI, 1992).

El clima dominante de la provincia es templado subhúmedo, que pasa a semicálido hacia el poniente y a semiseco al norte. En las altas cumbres se presentan climas semifríos subhúmedos y, en los picos más elevados (Iztaccíhuatl, Popocatépetl, y Citlaltépetl), climas muy fríos, al grado de que en ellos se presentan los pocos glaciales de la región intertropical del mundo. En áreas reducidas de los extremos este y oeste de la provincia, las condiciones climáticas son cálidas subhúmedas y la vegetación es sumamente diversa (INEGI, 1992).

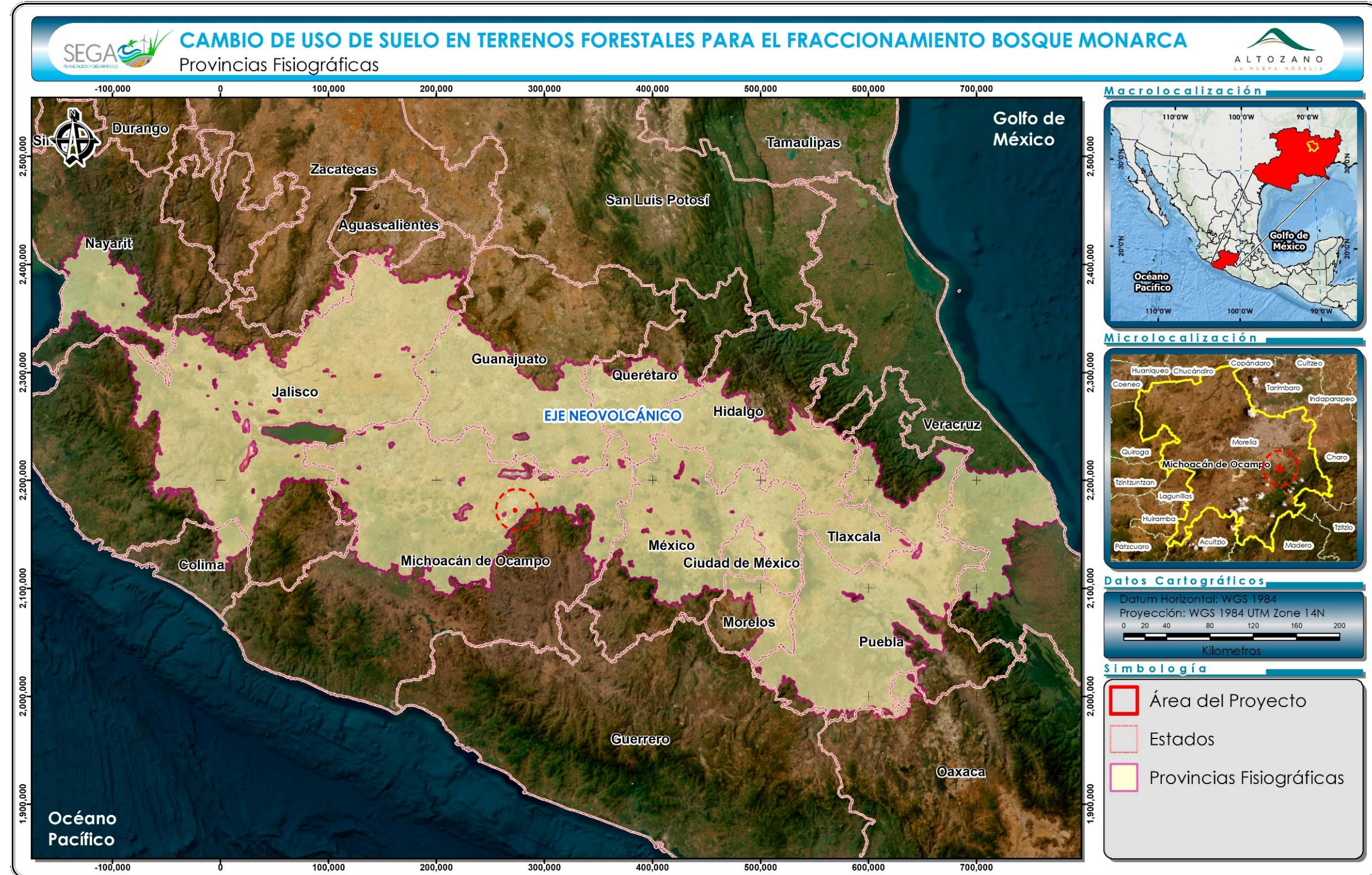


Figura V—15. Provincia fisiográfica en la que está contenida el AP



Figura V—16. Placas tectónicas

De acuerdo con los Datos Vectoriales Fisiográficos del Contiguo Nacional Serie I escala 1:1,000,000, el Predio se ubica en su totalidad dentro de la **subprovincia fisiográfica Mil cumbres** (Figura V—17). La subprovincia Mil Cumbres tiene relativamente poca extensión territorial. Constituye una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas, tales como: sierras volcánicas complejas, mesetas lávicas escalonadas, lomeríos basálticos y el valle por el cual el Río Lerma se dirige al norte, hacia la presa Solís.

Esta subprovincia presenta agrestes paisajes formados por bosques de coníferas en una compleja topografía. Clima y geología condicionan la formación de suelos cuyo origen volcánico es dominante para los Andosoles y residual para Litosol, Regosol y suelos rojos arcillosos.

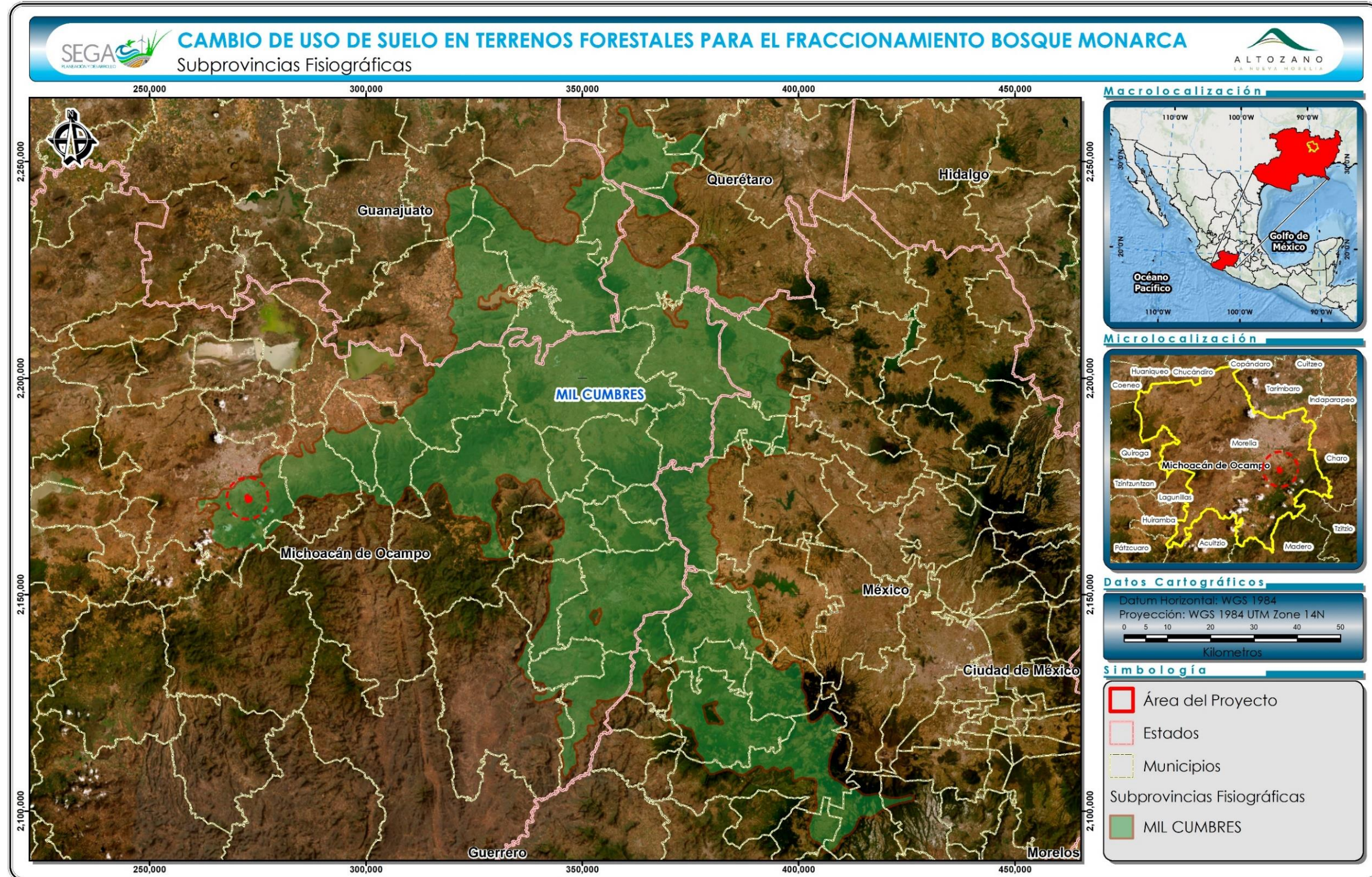


Figura V—17. Subprovincia fisiográfica en las que está contenida el AP

## Geología

Según Garduño-Monroy *et al.* (2014), se han identificado distintas unidades estratigráficas en la Ciudad de Morelia:

1. Andesitas de Mil-Cumbres del Mioceno medio-superior (>12 Ma)
2. Flujos piroclásticos ignimbríticos del Mioceno (Cantera de Morelia)
3. Complejo volcánico miocénico del Cerro Punhuato
4. Secuencia fluvio-lacustre del Mioceno-Plioceno
5. Secuencia volcánica pleistocénica-holocénica del Corredor Tarasco

Dichas unidades se describen con mayor amplitud en el Capítulo IV de este DTU-A. Para el caso específico del Predio, las rocas son de tipo ígnea extrusiva (Figura V—18). Las rocas ígneas extrusivas se forman a partir de un enfriamiento muy rápido como el que ocurre en una erupción volcánica, donde el magma es lanzado hacia la superficie. Ahí, el contraste térmico es muy alto y la disipación del calor es muy rápida, originando una roca muy compacta y con cristales muy pequeños rodeados de material vítreo, o sólo vidrio. Estas rocas son fácilmente reconocidas por la presencia del vidrio volcánico, por su textura muy fina o por presentar agujeros vesículas, producto del escape de gases durante el enfriamiento (SGM, 2020).

El AP presenta dos tipos de rocas ígneas extrusivas: andesita-brecha volcánica intermedia y dacita-brecha volcánica ácida. Predomina la dacita-brecha volcánica ácida (Tabla V—12).

Tabla V—12. Geología del AP

Clase	Tipo	Clave	Superficie (ha)	%
Ígnea extrusiva	Andesita-Brecha volcánica intermedia	Ts(A-Bvi)	20.74	32.25
	Dacita-Brecha volcánica ácida	Ts(Da-Bva)	43.58	67.75
<b>TOTAL</b>			<b>64.32</b>	

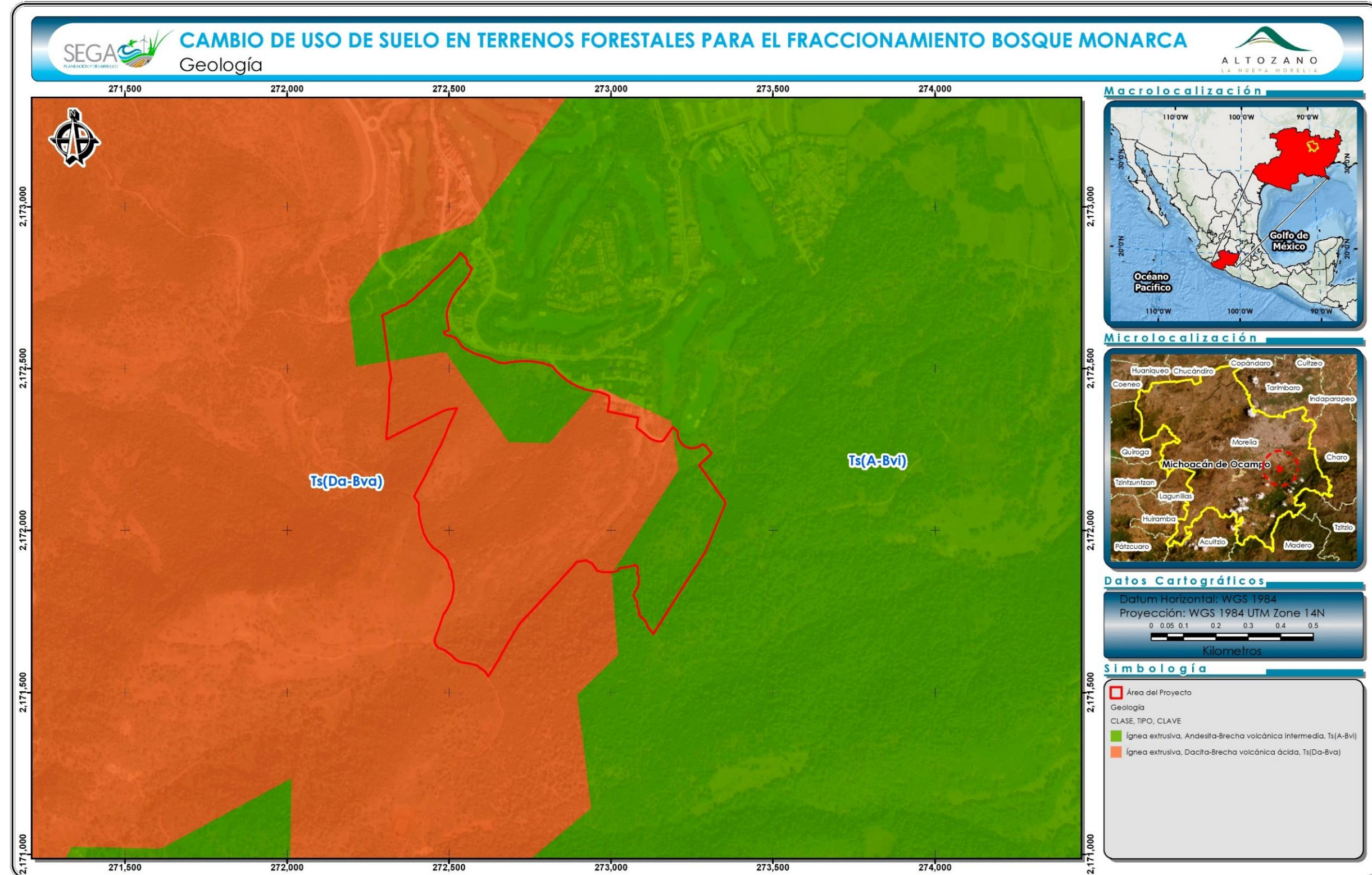


Figura V—18. Geología del AP

### **Sistema de fallas y fracturas**

De acuerdo con Garduño-Monroy *et al.* (2001), la parte norte de Michoacán se caracteriza por una alta actividad sísmica y volcánica. En esta región, que pertenece al Cinturón Volcánico Transmexicano, han ocurrido algunos de los sismos históricos más violentos en el Centro de México (Garduño-Monroy *et al.*, 1998) y existen más de 1,000 volcanes monogenéticos en lo que se ha llamado el campo volcánico Michoacán-Guanajuato (Hasenaka y Carmichael, 1985).

La ciudad de Morelia, localizada al norte de Michoacán, está severamente afectada por fallamiento continental asociado al Sistema de Fallas Morelia-Acambay, así como por procesos relacionados a la subsidencia y *creep*, los cuales han dañado significativamente la infraestructura de la ciudad (Garduño-Monroy *et al.*, 2001; Ávila-Olivera y Garduño-Monroy, 2008; Farina *et al.*, 2008; Cigna *et al.*, 2012; Figueroa-Miranda *et al.*, 2020; Soria-Caballero *et al.*, 2021).

Desde 1983, en Morelia y en otras Ciudades del norte y centro de México se empezaron a apreciar problemas de hundimientos diferenciales a lo largo de trazas lineales, ocasionando daños importantes en obras civiles (Martínez-Reyes y Nieto Samaniego, 1990; Trujillo-Candelaria, 1985; Garduño-Monroy *et al.*, 1999 y Lermo-Samaniego *et al.*, 1996). Dichos hundimientos definen trazas rectas en la superficie con direcciones paralelas a sistemas de fallas regionales. En la Ciudad de Morelia las zonas dañadas son preferencialmente de dirección NE-SO, pero también se observan fallas con dirección E-O que están generando problemas de inestabilidad de taludes (Arreygue-Rocha *et al.*, 1998). Suter *et al.* (1995) consideran que estas estructuras forman parte de la zona de falla Chapala-Tula con movimientos históricos, como los ocurridos en las depresiones de Chapala, Cuitzeo y Acambay en 1568 y 1912.

Una falla geológica es una línea de fractura a lo largo de la cual una sección de la corteza terrestre se ha desplazado con respecto a otra (Garduño-Monroy y Arreygue-Rocha, 1999). De acuerdo con su geometría y su génesis, las fallas de la

Ciudad de Morelia pueden ser agrupadas en dos: las fallas geológicas que se han reactivado por la actividad humana y las fallas que pueden ser clasificadas como sísmicamente activas, las cuales también podrían estar asociadas a hundimientos o a inestabilidad de taludes (Garduño-Monroy y Arreygue-Rocha, 1999). Entre las primeras, se cuenta la falla de la Central Camionera, la de la colonia Chapultepec y la de Torremolinos; la segunda clase está representada por la falla de La Colina y la de La Paloma.

Por consiguiente, en virtud de su origen geológico, las fallas y fracturas constituyen condicionantes físicas para el desarrollo de la Ciudad de Morelia incluso dentro del área urbana actual. Destacan por su importancia la falla La Paloma en la ladera norte de la loma de Santa María que corre de oriente a poniente desde la salida a Mil cumbres hasta la salida a Pátzcuaro; otra falla importante se localiza desde la Colonia Industrial, bordeando al Centro Histórico, hasta la zona deportiva de la Colonia INDECO. También existe una falla que atraviesa las colonias Chapultepec Sur, Chapultepec Oriente y Nueva Chapultepec. Dentro del área urbana se encuentran otras cuatro fallas que afectan colonias como Tenencia Morelos, Mariano Escobedo, INFONAVIT los Manantiales, Socialista y La Colina, entre otras (PDUCPM, 2010).

Al sur de Morelia, en el escarpe de Santa María, las fallas E-O dan lugar a varios desniveles que son evidentes por formar escalones de ignimbritas (Cantera de Morelia), los cuales están asociados con pequeños deslizamientos del terreno. En el sector suroriental de la Ciudad, se pueden observar anillos de deslizamientos en masa que pueden estar relacionados con sismos y que han provocado la inestabilidad en esos taludes. El Periférico sur de Morelia está afectado por esta problemática.

Se han encontrado fracturas de más de 3 m de ancho por 3 m de profundidad a lo largo del escarpe de Santa María, que pueden seguir por varias decenas de metros.

Dichas fracturas son paralelas a la falla E-O (Arreygue-Rocha *et al.*, 1998 y Arreygue-Rocha, 1999).

De acuerdo con la Serie I (1:250,000) del INEGI (1983), el Predio no es atravesado por ninguna falla o fractura. No obstante, se encuentra a 1,254 m de la fractura más cercana (Figura V—19) y también está próximo a las fallas La Paloma, Cerritos y Cointzio (Figura V—20).

La falla La Paloma se encuentra a 4.4 km del Predio, forma parte del Sistema de Fallas Morelia-Acambay, y está formada por la Ignimbrita de Morelia. Entre esta mesa y la depresión de Morelia existe un desnivel de más de 200 m, provocado por una falla de dirección E-O. El escarpe de la falla La Paloma tiene una expresión sobresaliente hacia el oriente, mientras que su altura va disminuyendo hacia el poniente (Astiz- Delgado, 1980; Suter *et al.*, 1992, 1996).

La falla Cerritos se encuentra a 4.6 km del Predio y pertenece a la porción oeste del Sistema de Fallas Morelia-Acambay, ubicada al suroeste de la ciudad de Morelia. Es una falla normal con una ligera componente lateral izquierda, una longitud de 12 km y un relieve topográfico bien definido de  $130\pm 5$  m. Muestra un rumbo ENE-OSO ( $255^\circ$ ) y un echado de  $76^\circ$  hacia el NNO. Se trata de una estructura tectónicamente activa, relativamente joven y con índices geomórficos que indican mayor actividad en su sector oriental. Los estudios realizados sugieren movimiento activo vertical (levantamiento y subsidencia, respectivamente) a lo largo de esta falla (Soria-Caballero *et al.*, 2021).

La falla Cointzio es normal y tiene un rumbo NE-SW hasta E-W; se localiza a 2.7 km del AP. Se alinea a partir de la población de Cointzio y continua al occidente hasta la población Joya de Buenavista, donde sufre una pequeña deflexión al NE-SW. Esta falla presenta un escarpe de más 130 metros y sobre ella se presentan los manantiales de Cointzio y San Antonio Parangare (Ballina-López y Herrera-Franco, 2008).

Debe aclararse que la presencia de fallas no imposibilita el desmonte de la vegetación en el Predio. Asimismo, es importante señalar que las actividades de CUSTF en ningún momento podrán incrementar el riesgo de sismicidad en la zona, ni acelerará la actividad de estas condiciones geológicas.

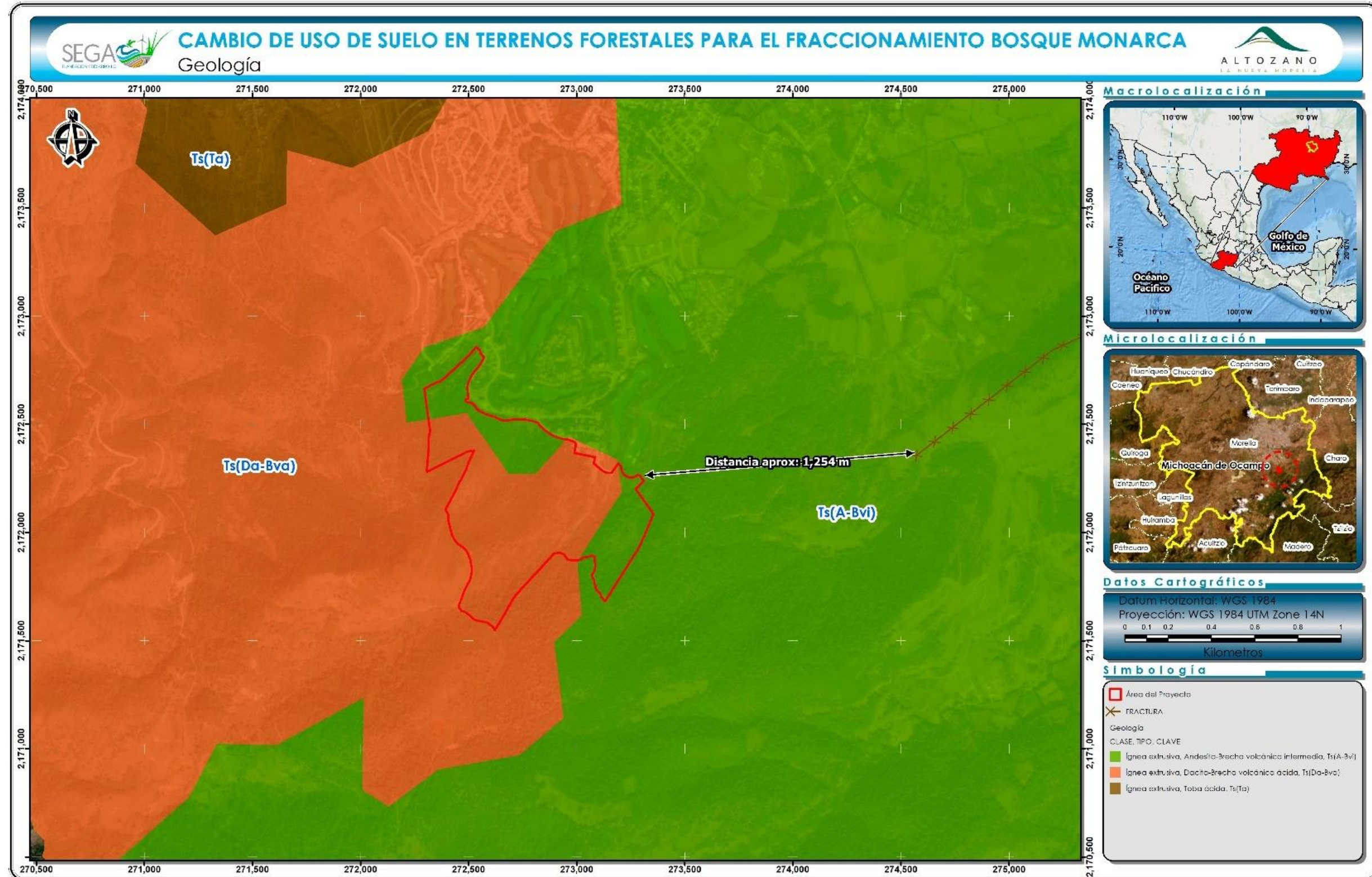


Figura V—19. Fracturas próximas al AP

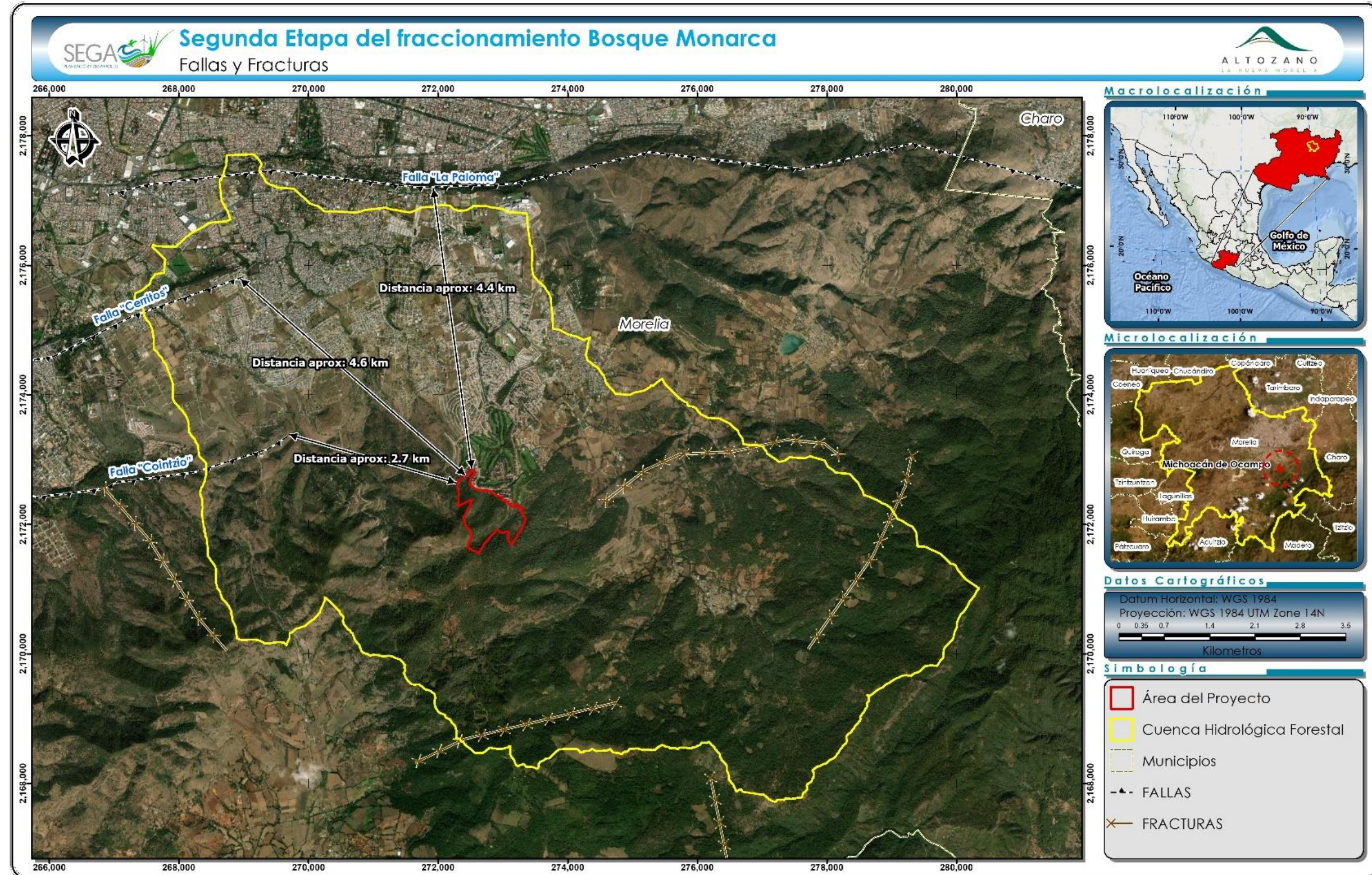


Figura V—20. Fallas próximas al AP

## V.1.5 Hidrografía

### V.1.5.1 Regiones y subregiones hidrográficas

El AP se encuentra dentro de la **Región Hidrográfica "Lerma-Chapala-Santiago"**, que ocupa una superficie aproximada de 14,818.25 km<sup>2</sup>. La parte correspondiente al Estado de Michoacán constituye una región alta que se caracteriza por tener zonas planas y amplias, que basculan ligeramente hacia el noroeste. Estos valles están separados por elevaciones que corresponden a estructuras volcánicas, cuyas altitudes varían entre los 1,600 y 2,000 m. Además, existen amplias llanuras de inundación alrededor de los principales cuerpos de agua (Cuitzeo, Chapala, Pátzcuaro y otros), cuyo nivel de agua se ha reducido en los últimos años (Álvarez-Solórzano y López-Vidal, 1998).

Dentro de la Región Lerma-Chapala existen distintas cuencas hidrográficas. El AP se ubica en la **cuenca Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Laguna de Yuriria**, que ocupa una superficie de 4,269.59 km<sup>2</sup> en Michoacán (Figura V—21). Se originaron como resultado del sistema volcánico que fue afectado por fallas. Durante largos periodos de erosión, las amplias depresiones han sido azolvadas, reflejándose principalmente en el Lago de Cuitzeo.

Respecto a las subcuencas hidrográficas, el AP está comprendida dentro de la **subcuenca Lago de Cuitzeo** (Figura V—22), que es una subcuenca cerrada y ocupa un área de 3.847.61 km<sup>2</sup>.

Finalmente, a nivel de microcuenca, la superficie del AP se distribuye en dos **microcuencas: Morelia y Río Chiquito** (Figura V—23), como se observa en la siguiente tabla:

Tabla V–13. Microcuencas del AP

Microcuenca	Superficie (ha)	Superficie (%)
Morelia	34.99	54.41
Río Chiquito	29.32	45.59

Entre estas microcuencas destaca la del Río Chiquito, que se encuentra en su totalidad dentro de Morelia, y cuyo río principal contribuye al abastecimiento de agua superficial para la ciudad (INIRENA y UMSNH, 2006). Actualmente, el 30% de la población moreliana habita en esta microcuenca, por lo que se llevan a cabo múltiples actividades económicas dentro de ella (forestales y agropecuarias en la parte alta, y comerciales en la parte baja). En términos ecológicos, la microcuenca del Río Chiquito es de gran importancia puesto que comprende cinco de las ocho áreas naturales protegidas del municipio, por lo que cuenta con una gran riqueza biológica y, sobre todo, de endemismos (IMPLAN, s.f). Este ecosistema presenta diversos impactos antropogénicos, incluyendo cambios en su estructura física y una disminución de la calidad del agua y de la condición de las riberas y de los sustratos del cauce como producto de descargas rurales y urbanas (Piñón-Flores *et al.*, 2014).

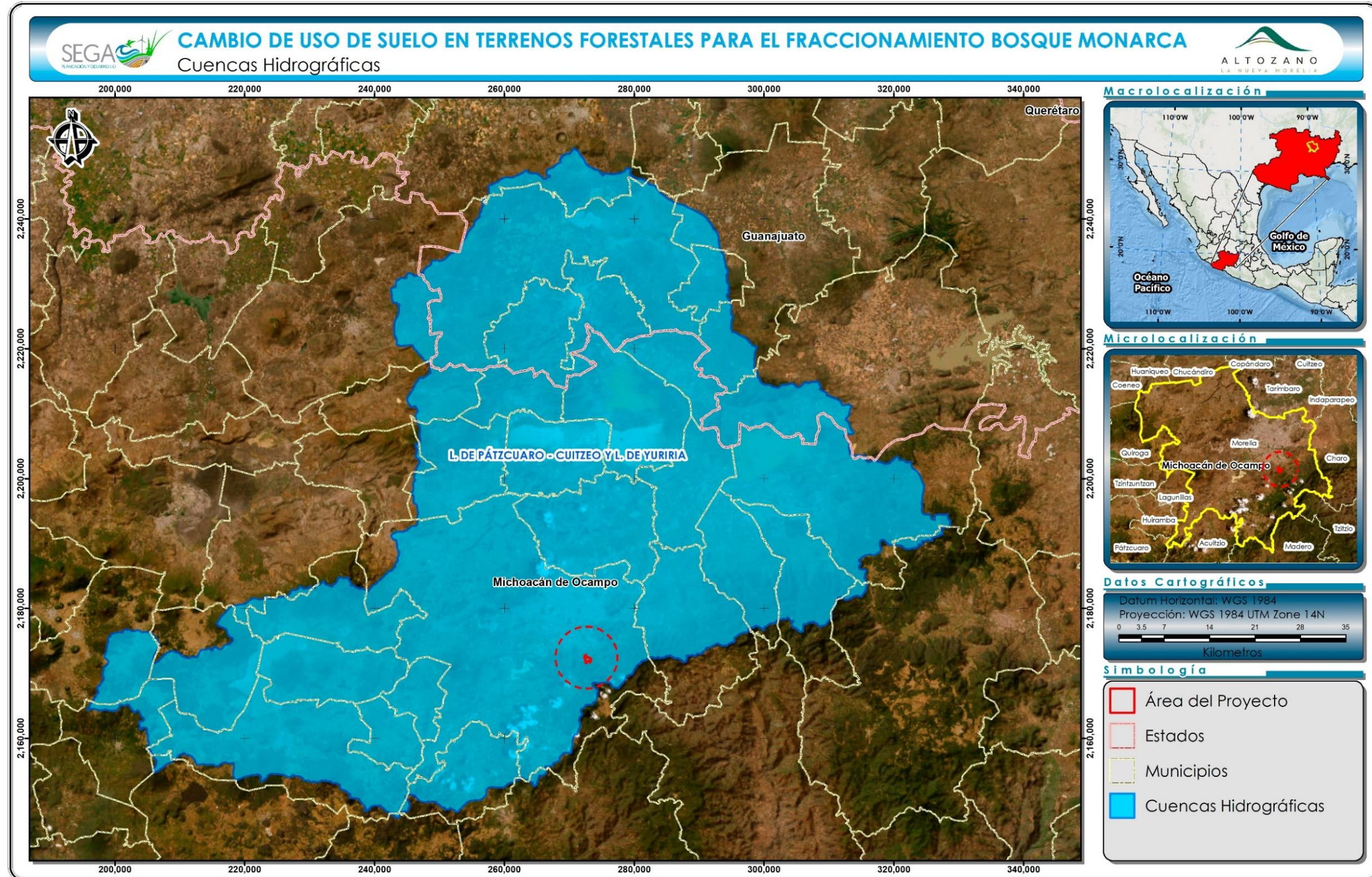


Figura V—21. Cuencas hidrográficas en las que se encuentra el AP

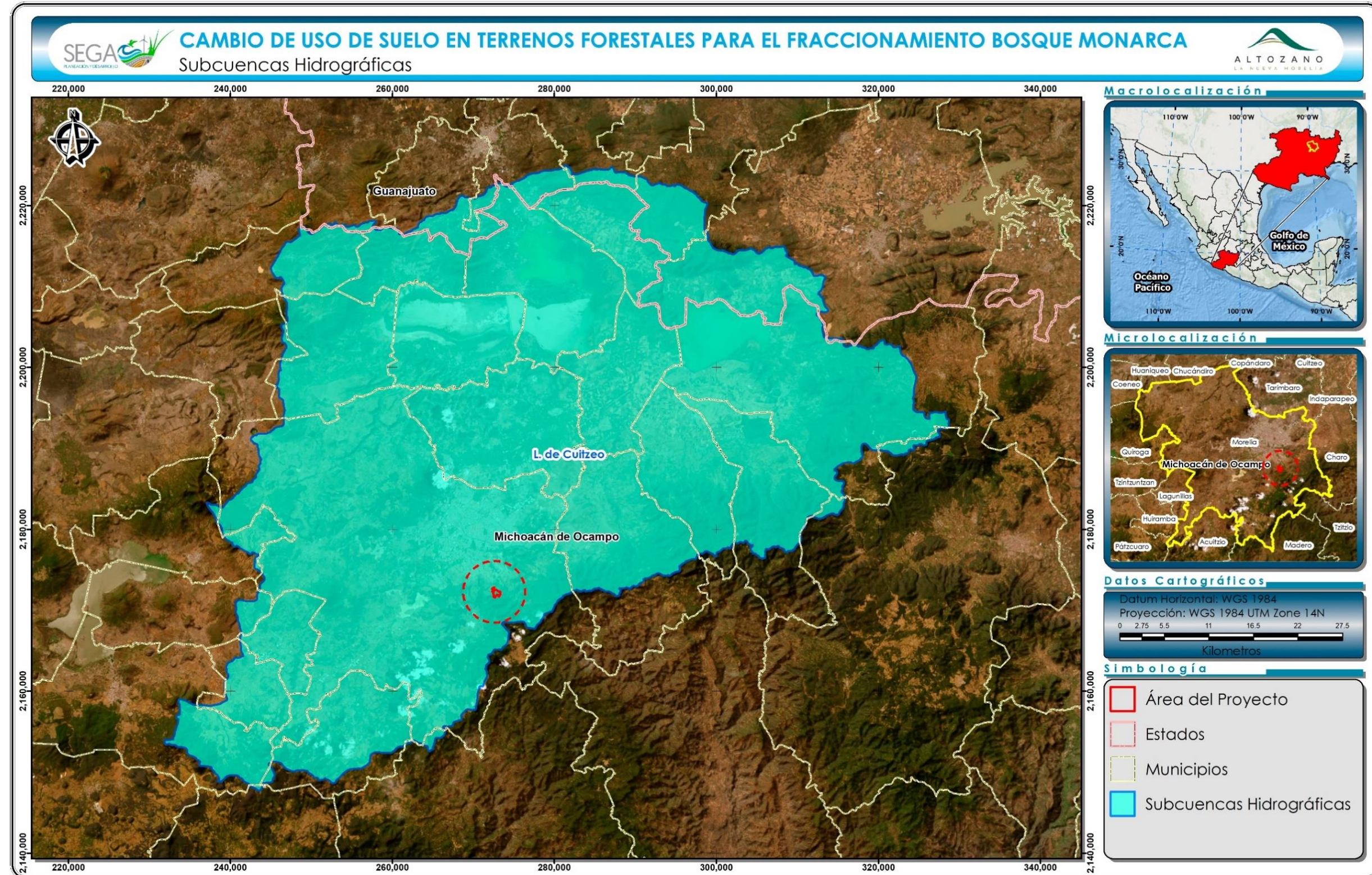


Figura V—22. Subcuencas hidrográficas en las que se encuentra el AP

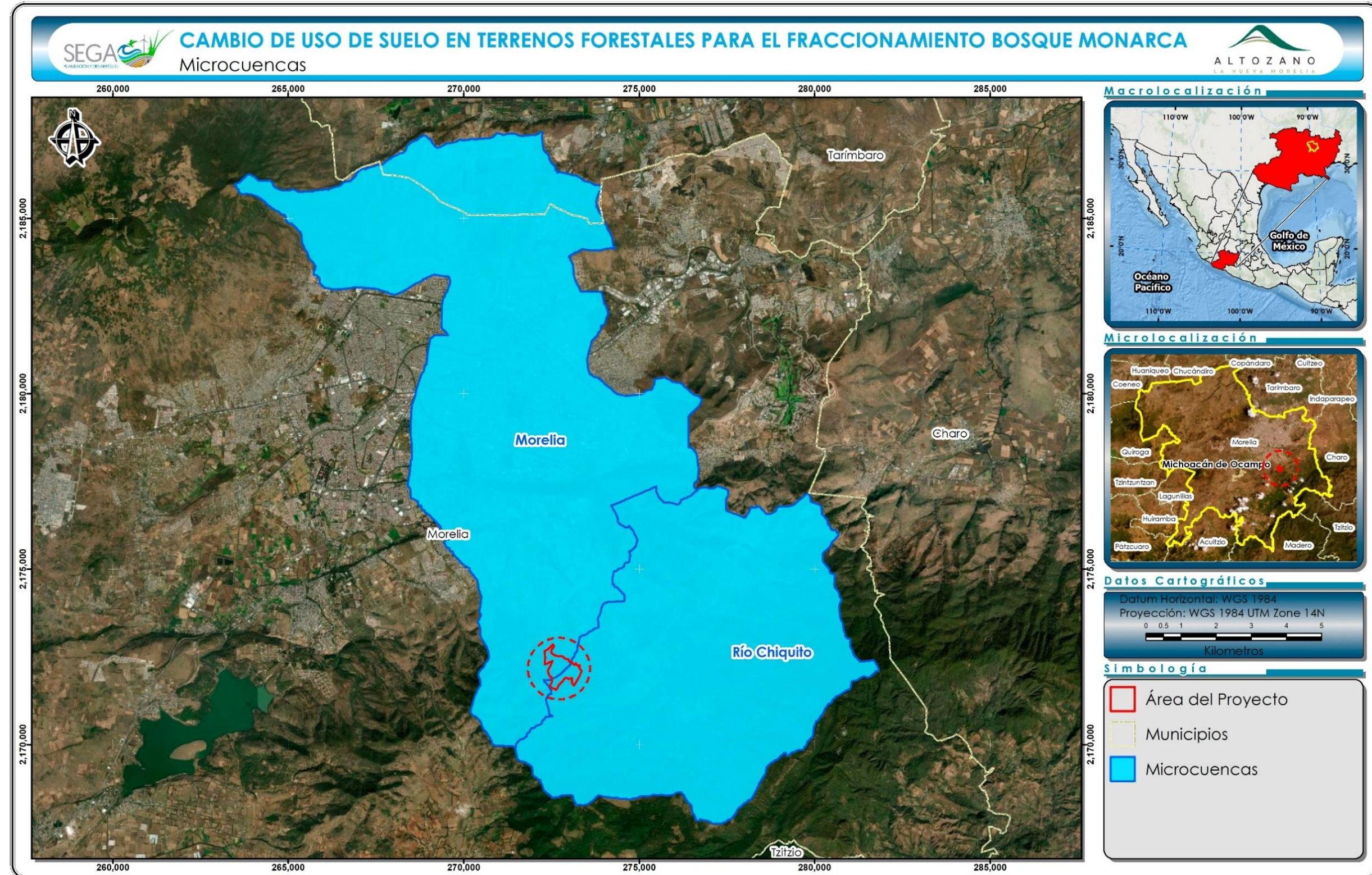


Figura V—23. Microcuencas hidrográficas en las que se encuentra el AP

### **V.1.5.2 Hidrología superficial**

En la cuenca cerrada de Lago de Cuitzeo, donde está comprendido el Predio, se encuentra El Río Grande de Morelia, que escurre en dirección noreste, y el Río Queréndaro; ambos descargan sus aguas directamente al Lago de Cuitzeo.

El Río Grande nace en la parte sureste de Acuitzio y tiene un trayecto de 26.0 km con rumbo norte 21° hasta Morelia. Su principal afluente es el Río Chiquito, que confluye con el Río Grande en la parte oeste de la Ciudad de Morelia. El Río Grande atraviesa la Ciudad de Morelia y desemboca en el lago de Cuitzeo. Los principales escurrimientos que alimentan al Río Grande son el Arroyo de Lagunillas, y los arroyos de Tirio y de la Barranca de San Pedro (Oseguera-Toledo, 2015).

El Arroyo Los Pirules es otra corriente superficial de importancia y se localiza al oriente de la Ciudad de Morelia. Éste nace en una pequeña cordillera formada por los cerros Coronilla Grande y el Guajolote, así como en el puerto de Venado. El Arroyo continúa al norte por la carretera Morelia-Mil Cumbres, pasando por el poblado Los Pirules hasta la compuerta, cruzando la carretera Morelia-Charo, y desembocando en el Río Grande a la altura de Atapaneco. Este arroyo tiene un área de cuenca de 13.3 km<sup>2</sup> y una longitud de 7.8 km, con un desnivel de 380 m y una pendiente de 4.8% con un flujo promedio de 7.96 m<sup>3</sup>/s. A lo largo de su trayectoria recibe afluentes que nacen entre los cerros de Punhuato y Prieto, así como de la Loma de Gallina y el Cerro Colorado (Oseguera-Toledo, 2015).

El Arroyo Blanco nace en el cerro del Punhuato y descarga su agua al arroyo los Pirules antes de cruzar la carretera Morelia-Charo. Su cuenca forma el Cerro Prieto y el Cerro Blanco; el área de la cuenca es de 2.8 km<sup>2</sup>, con una longitud de 4 km, un desnivel de 380 m, y un flujo promedio de 5.15 m<sup>3</sup>/s (Oseguera-Toledo, 2015).

Los embalses o cuerpos de agua cercanos al AP son la Presa de Loma Caliente, ubicada a 22.0 km al suroeste de Morelia, la Presa de Cointzio (la más importante del municipio), ubicada a 11.0 km al suroeste de la Ciudad, la Presa la Mintzita,

ubicada a 8.0 km al suroeste de la Ciudad, y el Lago de Cuitzeo, ubicado a 39.0 km al norte de la Ciudad (Oseguera-Toledo, 2015).

El AP cuenta con tres escurrimientos superficiales intermitentes, como se muestra en el siguiente mapa:

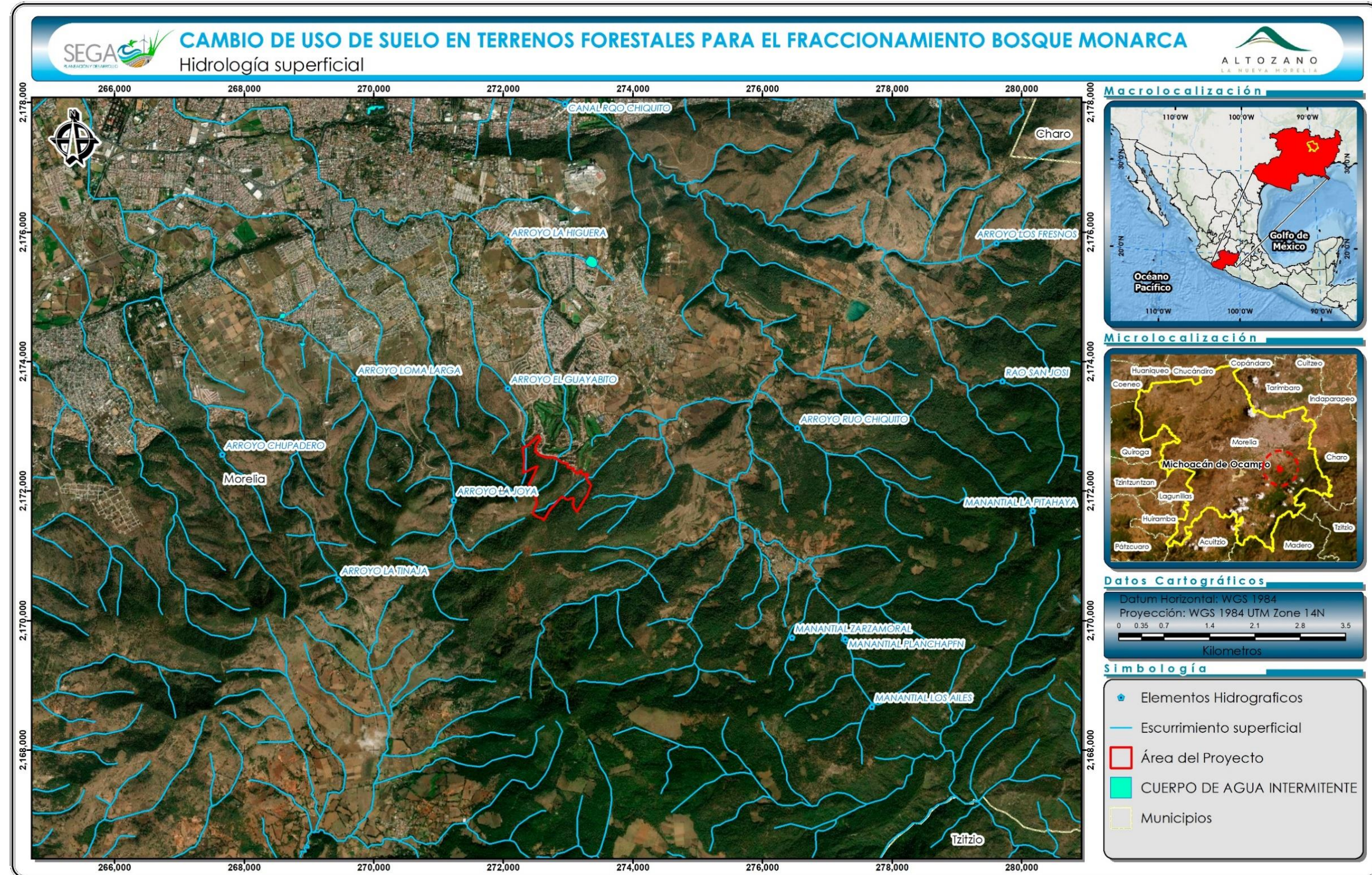


Figura V—24. Hidrología superficial del AP

### V.1.5.3 Hidrología subterránea

De acuerdo con el Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (2004) y con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia (2010), las principales fuentes subterráneas que contribuyen al suministro de agua a la Ciudad de Morelia son 87 pozos profundos y tres manantiales: La Higuera, El Salto, San Miguel. Junto con otras dos fuentes superficiales —La Mintzita y la presa de Cointzio—, son responsables de la producción total de 3,146 l/s.

Tabla V—14. Fuentes de abastecimiento de agua para la Ciudad de Morelia

Fuente de abastecimiento	Gasto Medio Extraído l.p.s.	Volumen hm <sup>3</sup> /año	% de la producción total
<b>Subterránea</b>			
Pozos profundos	1,080.68	34.08	34.34
Manantial San Miguel	131.23	4.14	4.17
Manantial El Salto	17.77	0.56	0.56
Manantial La Higuera	41.04	1.29	1.30
<b>Suma subterránea</b>	<b>1,270.72</b>	<b>40.07</b>	<b>40.38</b>
<b>Superficial</b>			
La Mintzita	1,041.11	32.83	33.09
Cointzio	834.87	26.33	26.53
Suma superficial	1,875.98	59.16	59.62
<b>Total</b>	<b>3,146.70</b>	<b>99.23</b>	<b>100.00</b>

En el municipio de Morelia afloran más de 70 manantiales, siendo el de la Mintzita el más grande. También son importantes los manantiales de aguas termales que son aprovechados como balnearios, figurando Cointzio, El Ejido, El Edén y Las Garzas.

El Predio se encuentra en su totalidad sobre el acuífero Morelia-Queréndaro (Figura V—25). Éste se ubica en el noreste de Michoacán, entre los paralelos 19° 26' y 20° 08' de latitud norte y los meridianos 100° 38' y 101° 29' de longitud oeste, y abarca una superficie aproximada de 3,510 km<sup>2</sup>. Es heterogéneo y anisótropo, en general de tipo libre, con presencia de condiciones locales de semiconfinamiento debido a la presencia de sedimentos arcillosos en la porción aledaña al lago de Cuitzeo. De acuerdo con los resultados reportados en el censo realizado en el año 2007, se registraron 986 pozos y 23 manantiales en este acuífero, cuyo uso principal es agrícola (53.69%), seguido de público urbano (40.21%) y en menor medida los demás usos (6.1%) (CONAGUA, 2020). Tiene un déficit de disponibilidad de agua subterránea de 10.2 hm<sup>3</sup>, un volumen de extracción de 169.0 hm<sup>3</sup> y un volumen de recarga media de 286.6 hm<sup>3</sup> (CONAGUA, 2022).

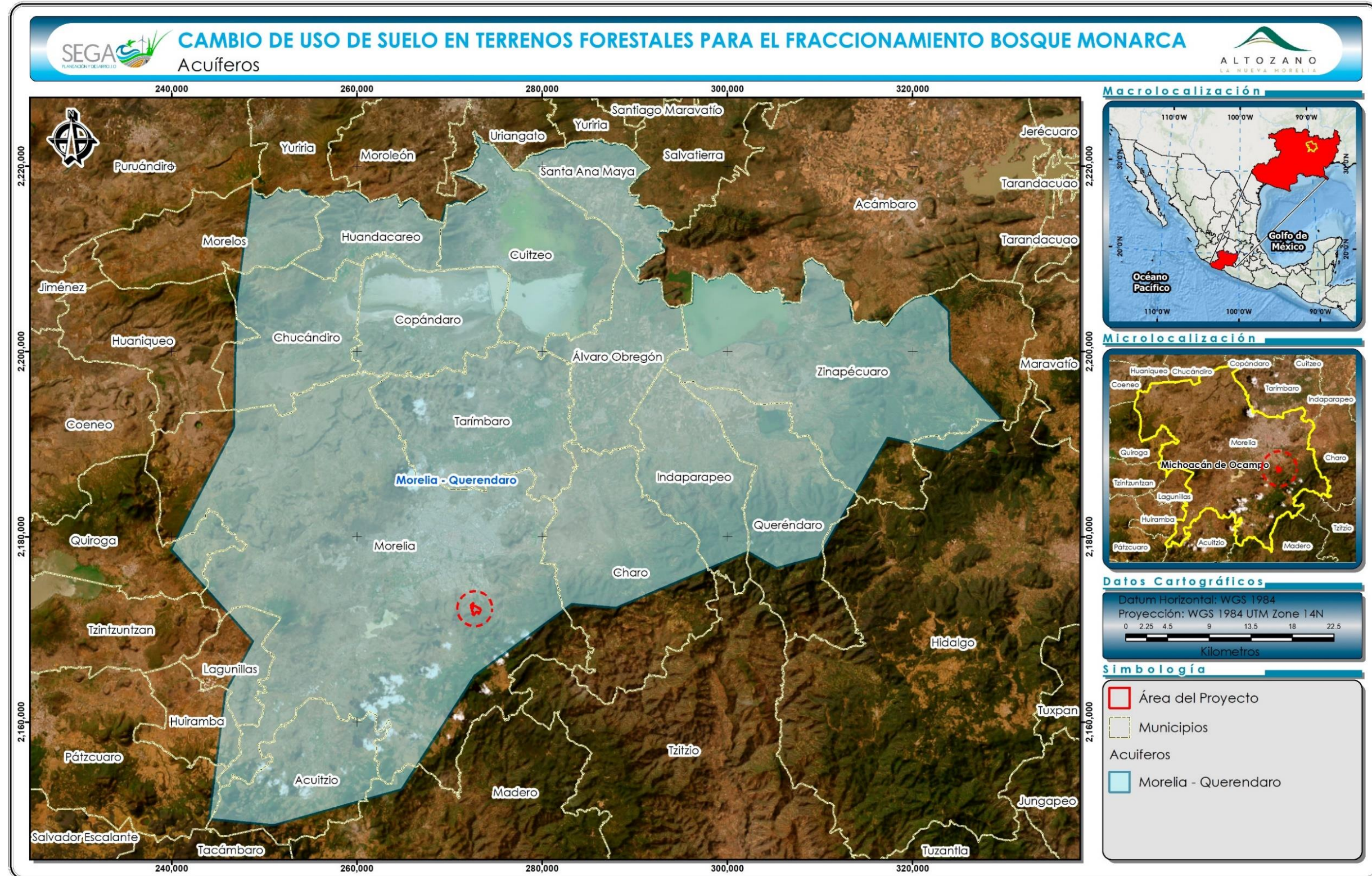


Figura V—25. Acuíferos del AP

#### V.1.5.4 Disponibilidad actual del agua

De acuerdo con la CONAGUA (2022), la cuenca hidrológica Lago de Cuitzeo presenta un déficit de disponibilidad media anual de 31.529 hm<sup>3</sup>. Su volumen medio anual de escurrimiento natural es de 488.540 hm<sup>3</sup>, mientras que su volumen de extracción de agua superficial es de 177.715 hm<sup>3</sup>.

En toda el área de las 24 cuencas hidrológicas que pertenecen parcial o completamente a Michoacán, se genera un escurrimiento virgen de 17,250.1 hm<sup>3</sup>/año, de los que 9,874.4 hm<sup>3</sup>/año corresponden a la parte de Michoacán, es (57.2%). Este escurrimiento se concentra en gran medida en los meses de junio a noviembre (82.7%). La cuenca Lago de Cuitzeo tiene un escurrimiento total de 452.6 hm<sup>3</sup>/año, del cual 416.3 hm<sup>3</sup>/año corresponden al estado de Michoacán.

La disponibilidad de agua, de acuerdo con la Región Hidrológica a la que pertenece el Estado de Michoacán, es de 1,900 m<sup>3</sup>/habitante/año (CONAGUA, 2000). Según esta Comisión, la tendencia nacional en la disponibilidad del recurso ha y seguirá variando drásticamente con el tiempo. La siguiente tabla muestra la disponibilidad del agua con el paso del tiempo.

Tabla V—15. Disponibilidad histórica y proyectada de recursos hídricos en Michoacán

Año	m <sup>3</sup> /hab/año	Disponibilidad
1955	11,500	Alta
1999	4,900	Media
2025	3,500	Baja

De acuerdo con el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México del INEGI, el estado de Michoacán contaba con 690 tomas de agua para el abastecimiento público en 2014. En 2013, el volumen del agua suministrada para Michoacán fue de 150,059,000 m<sup>3</sup>. De este volumen, 122,457,000 m<sup>3</sup> correspondieron a tomas domésticas, 20,655,000 m<sup>3</sup> a comerciales, 4,562,000 m<sup>3</sup> a industriales, 1,652,000 m<sup>3</sup> a servicios públicos y 733,000 m<sup>3</sup> a pipas.

El Municipio de Morelia, en particular, presenta escasez generalizada de agua y sus ríos sostienen una creciente contaminación causada principalmente por los desechos sólidos y las aguas residuales. En cuanto a las aguas subterráneas que se explotan, se puede mencionar que una parte de la población cuenta con obras de abastecimiento para consumo humano del tipo pozo profundo, pero sin tener un control efectivo y eficiente de los volúmenes obtenidos, ni tampoco de las zonas de recarga de los acuíferos que se explotan.

Aunado a esto, de acuerdo con el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS), de los 1,900 km de tuberías en el municipio, poco más de 1000 km ya no son completamente funcionales, lo que genera fuga de agua se pierde en el subsuelo. Asimismo, existen cerca de 10 mil tomas clandestinas en la ciudad de Morelia (OOAPAS, 2022).

Es importante volver a señalar que **el Proyecto de “Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales para el Fraccionamiento Bosque Monarca” trata específicamente del desmonte de la vegetación forestal para poder llevar a cabo la urbanización de un fraccionamiento residencial, pero no así de la construcción de la infraestructura urbana, ni mucho menos de la construcción u operación de las viviendas. Por consiguiente, el presente proyecto que se somete al procedimiento de evaluación no implicará más consumo de agua que la requerida por el personal encargado de ejecutar las actividades de CUSTF.** Sin embargo, dado que los bosques son necesarios para la captación e infiltración del agua, se ha propuesto como una medida para no comprometer la disponibilidad de agua de los habitantes de Morelia, la reforestación de una superficie de 17.34 ha. El Programa de reforestación puede ser consultado dentro del Plan de Manejo Ambiental (Anexo 3 presente DTU-A).

### **V.1.5.5 Calidad del agua**

El agua es una de las fuentes más importantes para el desarrollo de las zonas urbanas, agrícolas e industriales, y los cambios en su calidad y cantidad son resultado de las actividades productivas del hombre.

Por lo tanto, el crecimiento demográfico del Municipio de Morelia y la intensificación de las actividades productivas han ocasionado que los sistemas para el abasto de agua potable sean cada vez más escasos y la calidad de ésta sea cada vez menor.

Por siglos, el ser humano ha dispuesto de sus desechos desalojando las aguas contaminadas en cuerpos de agua, cuyo destino final generalmente son los ríos y lagos, provocando un desequilibrio importante en los ecosistemas.

Con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento se han establecido normas para regular la calidad de agua residual que descargan los cuerpos de agua. Estas Normas Oficiales Mexicanas son la NOM-001-SEMARNAT-2021, la NOM-002-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establecen los límites máximos permisibles de contaminantes.

Con base en esta disposición se han realizado diversos análisis de calidad de agua en Morelia, obteniéndose resultados de la calidad de las aguas residuales emitidas por distintos giros de actividades productivas (Tabla V—16).

A partir de estos análisis, se puede observar que la calidad del agua de la Ciudad de Morelia en 2005-2006 cumple con las Normas Oficiales Mexicanas con respecto al pH, la temperatura y los sólidos sedimentables. No obstante, rebasa los límites máximos permitidos para la demanda química de oxígeno, los sólidos suspendidos totales y los coliformes fecales. Las grasas y aceites en las aguas residuales de los hospitales, talleres mecánicos e industrias de alimentos también rebasan los límites permitidos por las NOM. Cabe mencionar que la NOM-001-SEMARNAT fue

actualizada después de que se realizara el muestreo, por lo que estos nuevos valores de los límites máximos permitidos son los que se reportan en la tabla anterior.

Es importante resaltar que el proyecto de “**Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales para el Fraccionamiento Bosque Monarca**” no afectará la calidad del agua de Morelia porque únicamente comprende el desmonte de superficies forestales y se dispondrá adecuadamente de los residuos generados con el fin de evitar cualquier potencial contaminación para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Tabla V—16. Análisis de calidad de agua residual en la Ciudad de Morelia, Michoacán (2005-2006)

Parámetros	Central camionera	Hoteles	Hospitales	Taller mecánico	Alimentos	Educativo	Límites máximos NOM (Prom. Mensual)
Potencial Hidrógeno	7.34	7.49	6.97	7.59	7.71	6.78	6 a 9
Temperatura (°C)	19.5	25.04	23.2	20.4	19.42	24.5	35
Conductividad (µmhos/cm)	945	546.08	339.092	631.17	1949.75	845	-----
Demanda química de oxígeno (mg/L)	161	225.01	330.4	573.465	3384.84	166.715	Ríos, arroyos, canales: 150
							Embalses, lagos y laguna: 100
							Zonas marinas mexicanas: 85
							Riego de áreas verdes: 60
							Infiltración y otros riegos: 150
Cárstico: 60							
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	229.1	226.75	356.56	519.49	1581.1	302.5	Ríos, arroyos, canales: 60
							Embalses, lagos y laguna: 20
							Zonas marinas mexicanas: 20
							Riego de áreas verdes: 30
							Infiltración y otros riegos: 100
Cárstico: 20							
Sólidos sedimentables (ml/L)	4.5	3.078	3.14	2.57	3.41	3.0	5
Grasas y aceites (mg/L)	34.97	31.98	65.74	133.72	1442.03	13.39	50
Coliformes fecales (Nmp/100mL)	190,000	542,9111.3	1'048,202.4	176,825.45	3'632,059.7	2	Servicios al público con contacto directo: 240
							Servicios al público con contacto indirecto u ocasional: 1,000

## V.2 MEDIO BIÓTICO

### V.2.1 Usos de Suelo y Vegetación

#### V.2.1.1 Metodología

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.

#### V.2.1.1.1 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”, ya que, 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 V—17. Coordenadas UTM Zona 14 N de los sitios de muestreo en las superficies de CUSTF

Vértice	X UTM Z14	Y UTM Z14	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

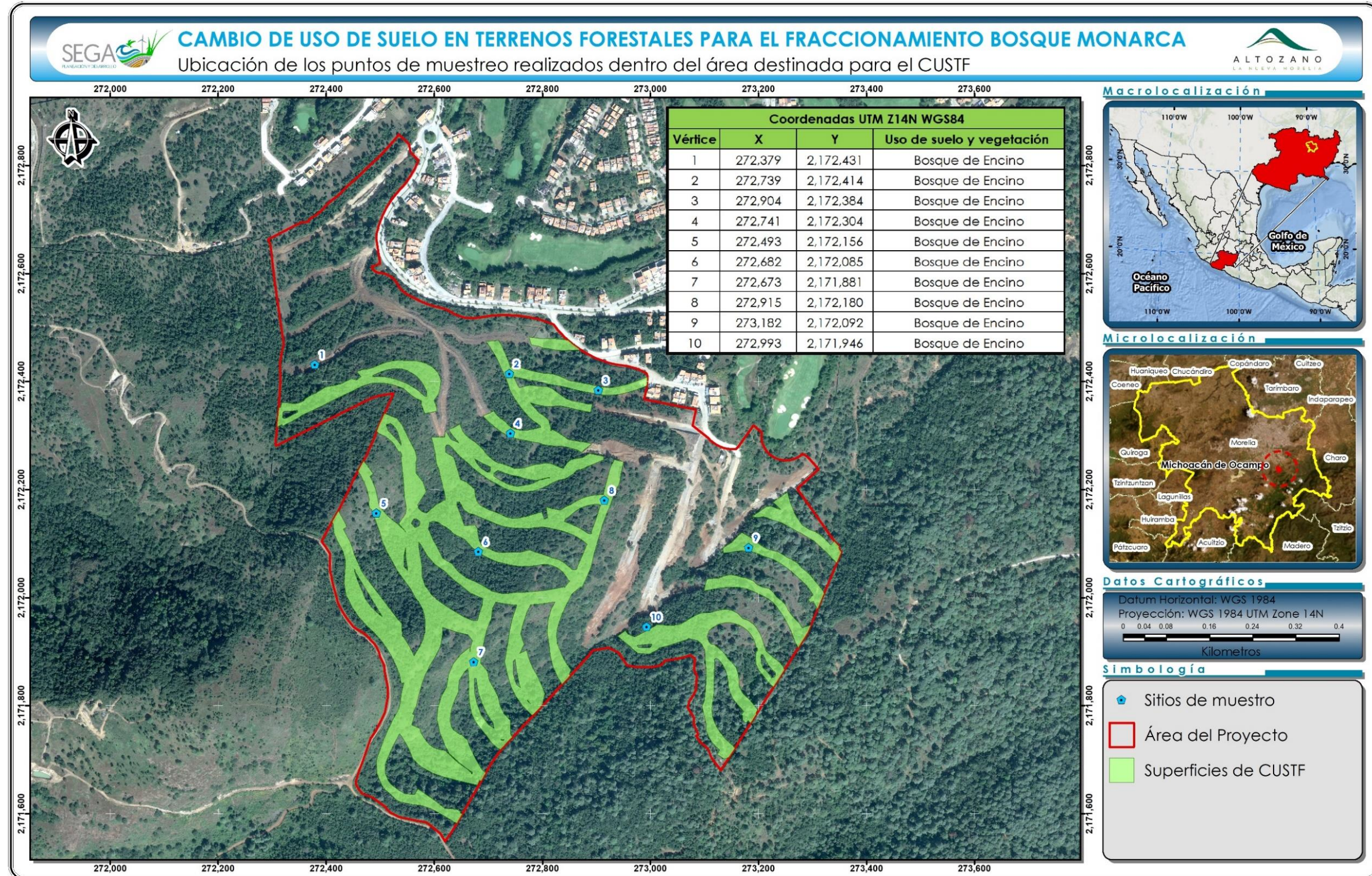


Figura V—26. Ubicación de los puntos de muestreo realizados dentro del área destinada para el CUSTF

### V.2.1.1.2 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 (descrita en el apartado **IV.2.4.1.3** del Capítulo IV del presente documento). 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 V—18. 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.

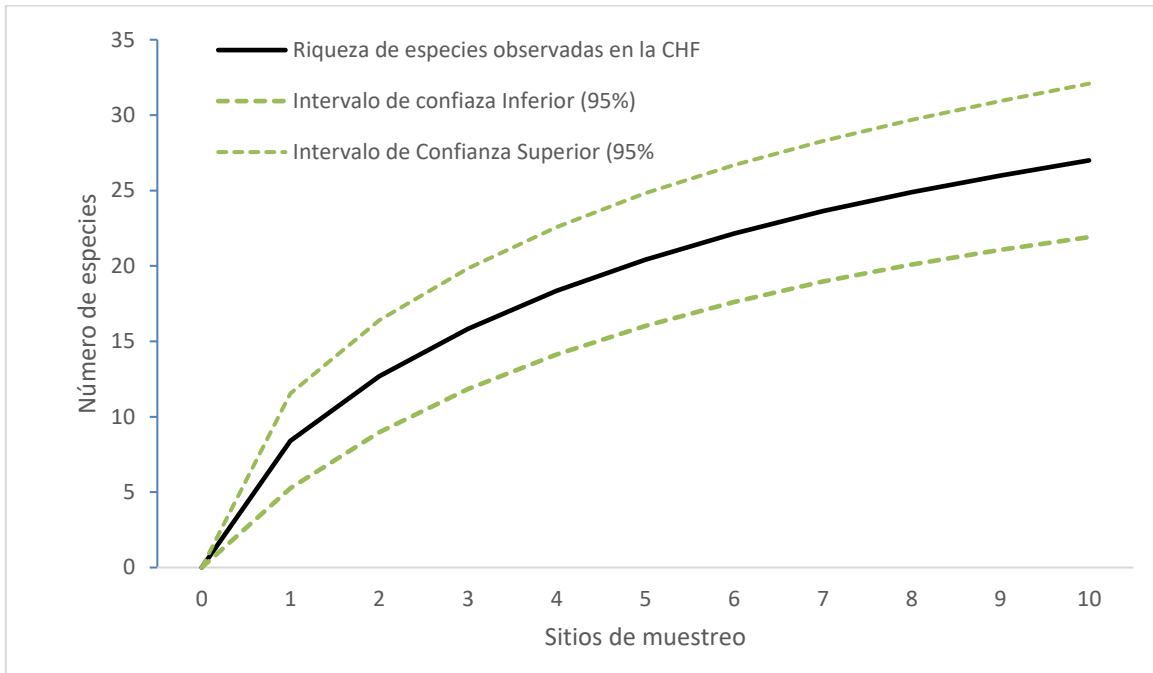


Figura V—27. Curva de acumulación de especies observadas e intervalos de confianza al 95% para las superficies de CUSTF

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 V—19. 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

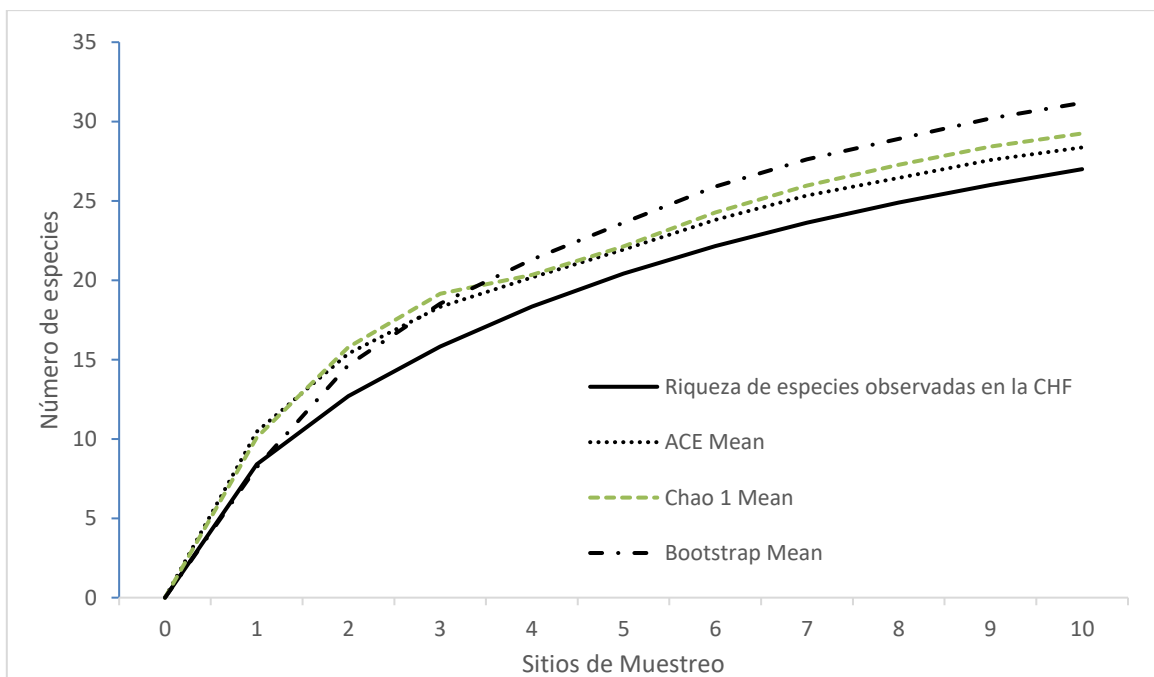


Figura V—28. Curva de acumulación de especies registradas y estimadas para las superficies de CUSTF mediante estimadores no paramétricos

### V.2.1.1.3 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 V—20. 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 Encino de	17.16	5.83%	1.0	8	10

Tabla V—21. Cálculo de los parámetros estadísticos para estimar la intensidad de muestreo

Parámetro	Bosque de encino
<b>Media</b>	
Media=	144
<b>S<sup>2</sup>=Varianza <math>\Sigma(x-\bar{x})^2 / n-1</math></b>	
S <sup>2</sup> =	922.44
<b>Desviación Estándar <math>S = \sqrt{S^2}</math></b>	
S=	30.372
<b>Coefficiente de Variación (CV) <math>CV = S / \bar{x} * 100</math></b>	
CV=	21.092
CV <sup>2</sup> =	444.852
<b>Error estándar (SV) <math>SV = \sqrt{[(S^2) (1 - (n/N))]}</math></b>	
SV=	28.813
<b>Error estándar Porcentual (N<math>\bar{x}</math>) por 100.</b>	
%=	20.009
<b>IM %</b>	
IM % =	5.83
<b>Número de sitios necesarios (NS) <math>(t^2 * CV) / (1+(E\%^2 + (t^2 * CV^2)/N)</math></b>	
NS=	5.9994
t=	1.440
t <sup>2</sup> =	2.0736
<b>Error del Muestreo <math>t(CV)/\sqrt{n}</math></b>	
E%=	3

Tabla V—22. 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	1.440
Confiabilidad %	90
Error de muestreo	3
Superficie (ha)	17.16
Tamaño de la población (N)	171.6
Intensidad de muestreo prefijada %	5.83%
Tamaño de muestra (pn)	7
<b>Resultados:</b>	
Media de individuos / sitio (N $\bar{x}$ )	144.00
Varianza (S <sup>2</sup> )	922.44
Desviación estándar (S)	30.37

Parámetro	Bosque de encino
Coeficiente de variación (CV)	21.09
Error estándar (SV)	28.81
Error de Muestreo (%)	3
Intensidad de muestreo %	5.83
Sitios para muestrear (nS)	6
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.

#### V.2.1.1.4 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 (descritas en el apartado **IV.2.4.1.4** del Capítulo IV del presente documento). 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 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.

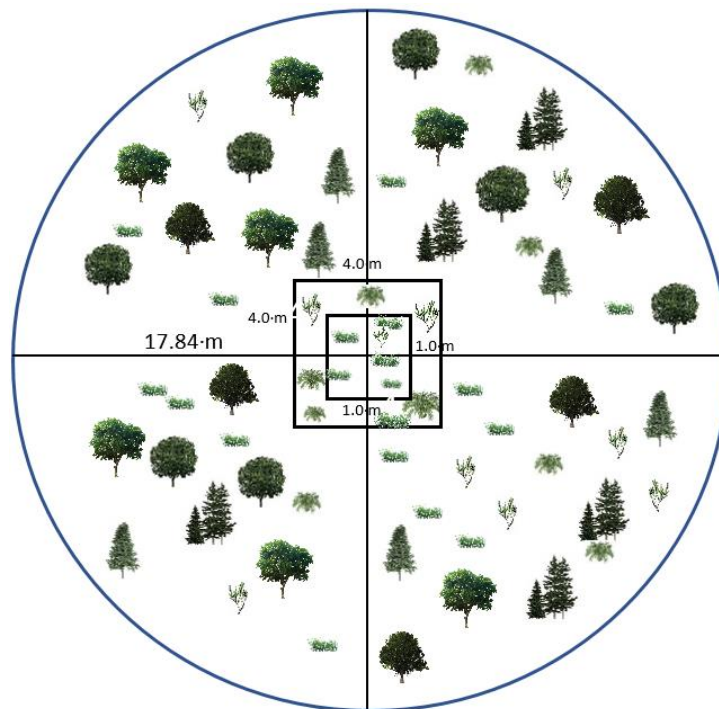


Figura V—29. Método de muestreo para el levantamiento de información de campo para la CHF y para las superficies de CUSTF

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.

#### V.2.1.1.5 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 **a una especie enlistada en esta norma (NOM-059-SEMARNAT-2010)**, se trata de *Tilia americana L. var. mexicana*, misma que se encuentra considerada como una especie En Peligro de Extinción, misma que es también endémica para el país (Villaseñor, 2016).

La ubicación de los individuos de esta especie ha sido georreferenciada, y no serán susceptibles de afectación por las actividades de CUSTF como puede verificarse en el Capítulo XI; de hecho, se ha designado un polígono de 2,000 m<sup>2</sup> de superficie 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).

### V.2.1.2 Resultados

De acuerdo con la clasificación de la vegetación de México (INEGI, 2021), el tipo de uso suelo y/o vegetación presente en las superficies de CUSTF es únicamente el bosque de encino (BE) y su afectación se limita a una superficie de 17.16 ha distribuidas en 8 polígonos irregulares. La superficie ocupada por el BE se presenta en la siguiente tabla, mientras que su ubicación espacial se presenta en la siguiente figura.

Tabla V—23. Usos de suelo y vegetación en las superficies necesarias para la realización del CUSTF

No.	Uso de suelo	Tipo de Uso de Suelo y Vegetación	Clave	Superficie		
				de afectación del proyecto (m <sup>2</sup> )	de afectación del proyecto (ha)	solicitada para CUSTF (ha)
1	Forestal	Bosque de encino	BE	171,582.73	17.16	17.16
<b>Total</b>				<b>171,582.73</b>	<b>17.16</b>	<b>17.16</b>

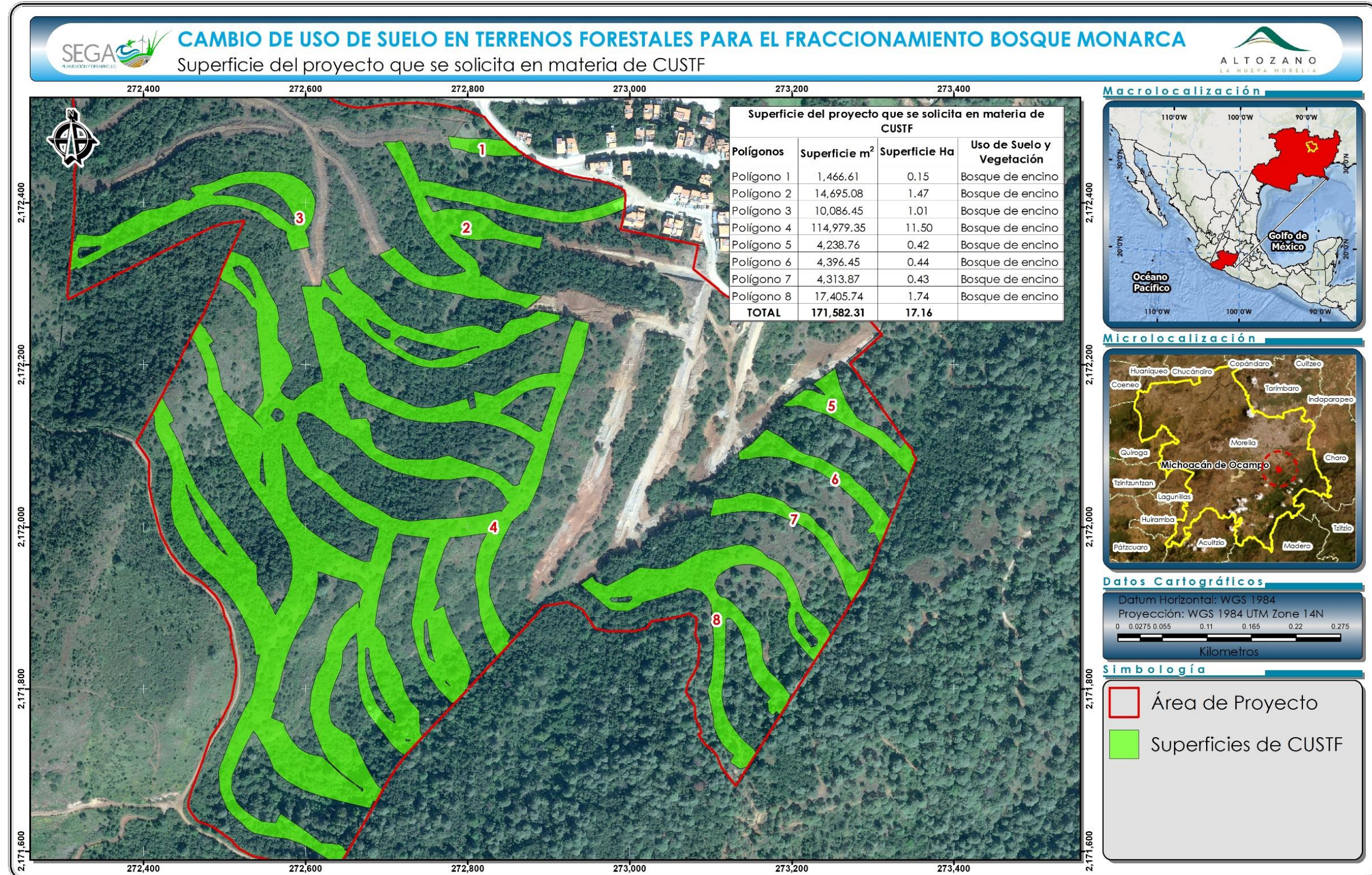


Figura V—30. Superficie del proyecto que se solicita en materia de CUSTF

### V.2.1.2.1 Proporción de afectación de vegetación del proyecto respecto de la CHF

De acuerdo con las superficies de afectación obtenidas para el tipo de vegetación identificada, se calculó que la realización del proyecto tendrá una afectación del 0.90% de vegetación forestal respecto del total presente en el CHF.

Tabla V—24. Proporción de la superficie de Bosque de encino en la CHF con respecto a la superficie solicitada para CUSTF

No	Tipo de Uso de Suelo y Vegetación	Clave	Superficie (ha)		% de afectación respecto al CHF
			CHF	CUSTF	
1	Bosque de encino	BE	1,903.68	17.16	0.90
<b>Total</b>			<b>1,903.68</b>	<b>17.16</b>	<b>0.90</b>

### V.2.1.2.2 Descripción por uso de suelo y/o vegetación en las áreas necesarias para la realización del proyecto

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los usos de suelo y/o vegetación identificados en las superficies de CUSTF.

**Bosque de Encino (BE).** Este tipo de vegetación se caracteriza por tener una dominancia de especies del género *Quercus* spp., en las superficies solicitadas para CUSTF y de acuerdo con los registros de campo se localizan las siguientes especies arbóreas: el encino (*Quercus deserticola* Trel.), encino amarillo (*Quercus magnoliifolia* Née), encino quiebra hacha (*Quercus rugosa* Née), granadillo (*Xylosma flexuosa* (Kunth) Hemsl.), y pino chino (*Pinus leiophylla* Schiede ex Schldl. & Cham.), entre otras. Su estado de conservación es de medio a alto, debido a que existen en algunos fragmentos que presentan vegetación secundaria y que actualmente se encuentran en recuperación. **Conforme al análisis realizado, en este tipo de vegetación se afectará una superficie de 17.16 ha.**



Figura V—31. Vista general del bosque de encino en el cual se pretende ejecutar el CUSTF

### V.2.1.2.3 Estructura y composición del bosque de encino del área de CUSTF

#### V.2.1.2.3.1 Estructura de la comunidad

Para analizar la estructura del bosque de encino, se calculó la densidad de árboles y el área basal por hectárea. Además, se presentan las alturas y los diámetros promedio únicamente para el componente arbóreo con la información de los sitios de muestreo levantados en esta comunidad.

Tabla V—25. Valores estructurales para el bosque de encino en superficies de CUSTF

Tipo de vegetación	Bosque de encino
Densidad	1,167 ind/ha
Área basal	13.87 m <sup>2</sup> /ha
Altura promedio	7.51 m
Altura máxima	15.9 m
Diámetro promedio	11.76 cm
Diámetro máximo	40.5 cm

## Distribución diamétrica

La mayor proporción de individuos por clase diamétrica se presentó en la clase 10 – 19.99 cm con el 63.58 %, seguido de la clase  $\leq 9.99$  cm con el 34.02 %, lo que indica que existe una alta cantidad de individuos con diámetros pequeños para este tipo de vegetación. Por otra parte, las clases que presentan los mayores diámetros (mayor a 30 cm) también son las que presentan la menor proporción de individuos con el 0.51 %.

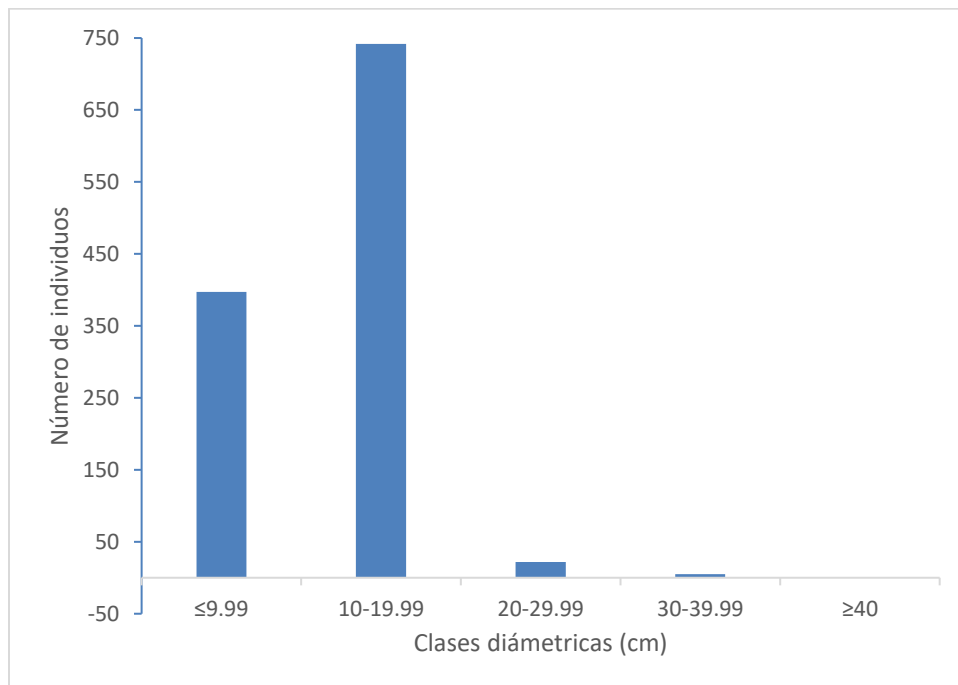


Figura V—32. Clases diamétricas del bosque de encino de las superficies de CUSTF

## Estratificación vertical

En el bosque de encino se observó un estrato bajo muy bien definido y abundante con valores menores a 10 m, un estrato medio con un intervalo de altura entre 10 y 14.99 m y, finalmente, un estrato alto con individuos mayores a 15 m de altura. En

el estrato inferior se encuentra la mayor proporción de individuos arbóreos con el 82.78 %, mientras que en el estrato superior se presenta el 0.09 % de los individuos registrados y en el estrato medio se presenta el resto de los individuos (17.14%).

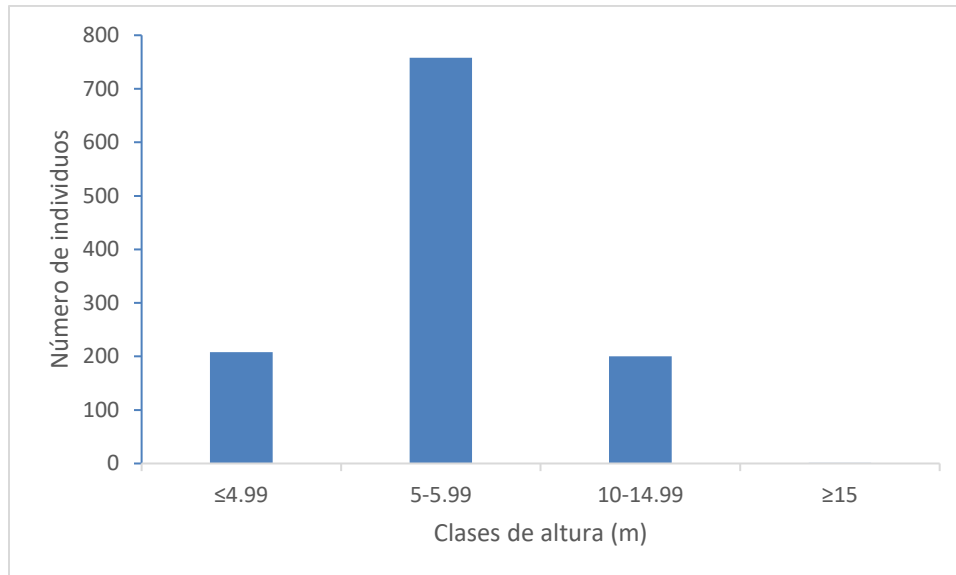


Figura V—33. Clases de altura para el bosque de encino en las superficies de CUSTF

#### V.2.1.2.3.2 Composición de especies

Con el levantamiento de sitios de muestreo en las superficies de CUSTF para el bosque de encino, se logró registrar una riqueza taxonómica de 27 especies (incluyendo los tres estratos). Éstas pertenecen a 19 órdenes, 20 familias y 23 géneros. Las familias más importantes por el número de individuos son Fagaceae (986 individuos), Asteraceae (73 individuos), Salicaceae (69 individuos), Burseraceae (35 individuos) y Pteridaceae (24 individuos), siguiéndole en orden de importancia las otras 15 familias con un total de 121 individuos.

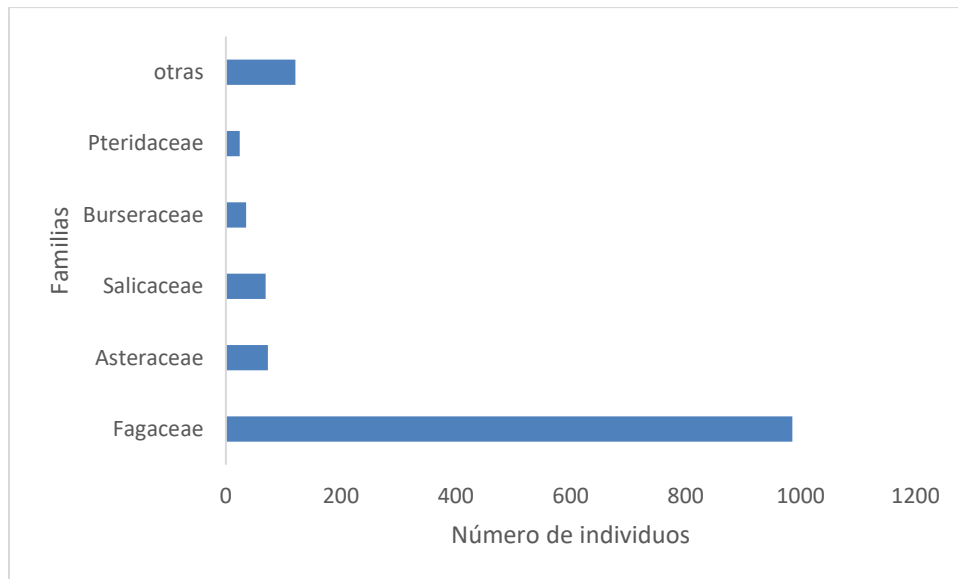


Figura V—34. Familias dominantes e individuos por familia botánica en el bosque de encino en las superficies de CUSTF

En la siguiente tabla se puede consultar la diversidad taxonómica identificada para el bosque de encino dentro de las superficies de CUSTF, así como el origen de cada especie, su presencia en algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010, y si es endémica o tiene amplia distribución.

Tabla V—26. Riqueza taxonómica registrada para los tres estratos del bosque de encino en las superficies de CUSTF

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre Común	Origen	Nom-059	Endemismo
1	Pteridales	Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	Cuamaquiztle	Nativa	-	No endémica
2	Asterales	Asteraceae	<i>Ageratina</i> sp.	Ageratina	Nativa	-	No endémica
3	Ericales	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Madroño	Nativa	-	No endémica
4	Asterales	Compositae	<i>Baccharis heterophylla</i> Kunth	Escoba chica	Nativa	-	No endémica
5	Sapindales	Burseraceae	<i>Bursera cuneata</i> (Schltdl.) Engl.	Copalillo	Nativa	-	Endémica
6	Sapindales	Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	Copal	Nativa	-	No endémica
7	Poales	Poaceae	<i>Cenchrus</i> L.	Zacate	Nativa	-	No endémica
8	Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton adspersus</i> Benth.	Cuahuilotillo	Nativa	-	No endémica
9	Fabales	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Palo dulce	Nativa	-	No endémica
10	Lamiales	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Fresno	Nativa	-	No endémica
11	Garryales	Garryaceae	<i>Garrya longifolia</i> Rose	Palo azul	Nativa	-	Endémica
12	Ericales	Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i> Brand	Espinosilla	Nativa	-	No endémica
13	Myrtales	Onagraceae	<i>Lopezia mexicana</i> Jacq.	Perita	Nativa	-	No endémica
14	Polypodiales	Pteridaceae	<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	Helecho dorado	Nativa	-	No endémica
15	Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	Nopal	Nativa	-	Endémica
16	Pinales	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	pino chino	Nativa	-	No endémica
17	Rosales	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Capulín	Nativa	-	No endémica

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre Común	Origen	Nom-059	Endemismo
18	Fagales	Fagaceae	<i>Quercus deserticola</i> Trel.	Encino	Nativa	-	Endémica
19	Fagales	Fagaceae	<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	Encino amarillo	Nativa	-	No endémica
20	Fagales	Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	Quiebra hacha	Nativa	-	No endémica
21	Fagales	Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.	Encinillo	Nativa	-	No endémica
22	Selaginellales	Selaginellaceae	<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	Doradilla	Nativa	-	No endémica
23	Hypnales	Thuidiaceae	<i>Thuidium</i> sp.	Musgo thuidium	Nativa	-	No endémica
24	Malvales	Malvaceae	<i>Tilia americana</i> L. var. <i>mexicana</i>	Tilo americano	Nativa	P	Endémica
25	Fabales	Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Huizache	Nativa	-	No endémica
26	Asterales	Asteraceae	<i>Verbesina virginica</i> L.	Bara blanca	Nativa	-	No endémica
27	Malpighiales	Salicaceae	<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.	Granadillo	Nativa	-	No endémica

### V.2.1.2.3.3 Análisis de la riqueza, estructura y diversidad por estrato

Con los resultados de los levantamientos de campo de los sitios ubicados sobre este tipo de vegetación, se realizó el análisis de los parámetros ecológicos para cada uno de los estratos.

El estrato superior (arbóreo) registró una riqueza taxonómica de 15 especies pertenecientes a 11 familias y 12 géneros. Las familias mejor representadas son: Fabaceae con 14 especies, Malvaceae y Moraceae con tres especies cada una; mientras que el resto de las familias representadas tuvieron menos de tres especies. La abundancia total en este estrato está representada por 356 individuos registrados en 13 sitios de muestreo, que en términos de superficie representan una densidad de 273 ind. ha<sup>-1</sup>. Las especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) fueron: *Quercus deserticola* Trel. (38.71), *Quercus rugosa* Née (17.64) y *Quercus magnoliifolia* Née (13.53).

El estrato intermedio (arbustivo) tuvo una riqueza taxonómica de cinco especies pertenecientes a cuatro familias y cinco géneros. La familia mejor representada fue Asteraceae con dos especies, seguida de Compositae, Fagaceae y Polemoniaceae con una especie cada una. La abundancia total en este estrato está representada por 76 individuos registrados en 10 sitios de muestreo, lo que determina una densidad de 4,750 ind ha<sup>-1</sup>. Las especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) en este estrato fueron: *Verbesina virginica* L. (67.37), *Baccharis heterophylla* Kunth (19.52) y *Quercus* sp. (4.67).

Finalmente, en el estrato inferior (herbáceo) se registró una riqueza taxonómica de nueve especies dispuestas en ocho familias y nueve géneros. La familia mejor representada es Pteridaceae con dos especies, mientras que el resto de las familias están representadas por una sola especie. La abundancia total en este estrato está representada por 65 individuos registrados en 10 sitios de muestreo, lo que determina una densidad de 64,000 ind ha<sup>-1</sup>. Las especies con mayor índice de valor

de importancia fueron: *Cenchrus* L. (25.06), *Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham (19.23) y *Adiantum andicola* Liebm. (12.98).

Tabla V–27. Parámetros ecológicos (densidad, dominancia y frecuencia) absolutos y relativos, e índice de valor de importancia (IVI) para cada estrato de las especies del bosque de encino en las superficies de CUSTF

No.	Especie	Densidad		Dominancia		Frecuencia		IVI
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
<b>ESTRATO SUPERIOR (ARBÓREO)</b>								
1	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	0.0017	1.4567	0.7119	5.1333	0.4000	6.4516	4.35
2	<i>Bursera cuneata</i> (Schltdl.) Engl.	0.0032	2.7421	0.3724	2.6852	0.3000	4.8387	3.42
3	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	0.0003	0.2571	0.0713	0.5143	0.1000	1.6129	0.79
4	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	0.0002	0.1714	0.0108	0.0782	0.1000	1.6129	0.62
5	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	0.0006	0.5141	0.0608	0.4382	0.2000	3.2258	1.39
6	<i>Garrya longifolia</i> Rose	0.0014	1.1997	0.1284	0.9262	0.2000	3.2258	1.78
7	<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	0.0008	0.6855	0.1047	0.7549	0.6000	9.6774	3.71
8	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	0.0005	0.4284	0.2246	1.6198	0.3000	4.8387	2.30
9	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	0.0013	1.1140	0.2291	1.6520	0.2000	3.2258	2.00
10	<b><i>Quercus deserticola</i> Trel.</b>	<b>0.0601</b>	<b>51.4996</b>	<b>6.7258</b>	<b>48.4981</b>	<b>1.0000</b>	<b>16.1290</b>	<b>38.71</b>
11	<b><i>Quercus magnoliifolia</i> Née</b>	<b>0.0160</b>	<b>13.7104</b>	<b>1.7139</b>	<b>12.3590</b>	<b>0.9000</b>	<b>14.5161</b>	<b>13.53</b>
12	<b><i>Quercus rugosa</i> Née</b>	<b>0.0223</b>	<b>19.1088</b>	<b>2.6774</b>	<b>19.3063</b>	<b>0.9000</b>	<b>14.5161</b>	<b>17.64</b>
13	<i>Tilia americana</i> L. var. <i>mexicana</i>	0.0003	0.2571	0.1198	0.8640	0.1000	1.6129	0.91
14	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	0.0011	0.9426	0.0714	0.5151	0.2000	3.2258	1.56
15	<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.	0.0069	5.9126	0.6456	4.6554	0.7000	11.2903	7.29
<b>TOTAL</b>		<b>0.1167</b>	<b>100.00</b>	<b>13.8681</b>	<b>100.00</b>	<b>6.2000</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

ESTRATO MEDIO (ARBUSTIVO)								
1	<i>Ageratina</i> sp.	0.0063	1.3158	0.2734	0.2677	0.1000	11.1111	4.23
2	<b><i>Baccharis heterophylla</i> Kunth</b>	<b>0.0438</b>	<b>9.2105</b>	<b>5.0022</b>	<b>4.8975</b>	<b>0.4000</b>	<b>44.4444</b>	<b>19.52</b>
3	<i>Loeselia mexicana</i> Brand	0.0063	1.3158	0.1963	0.1922	0.1000	11.1111	4.21
4	<b><i>Quercus</i> sp.</b>	<b>0.0125</b>	<b>2.6316</b>	<b>0.2821</b>	<b>0.2762</b>	<b>0.1000</b>	<b>11.1111</b>	<b>4.67</b>
5	<b><i>Verbesina virginica</i> L.</b>	<b>0.4063</b>	<b>85.5263</b>	<b>96.3845</b>	<b>94.3664</b>	<b>0.2000</b>	<b>22.2222</b>	<b>67.37</b>
<b>TOTAL</b>		<b>0.4750</b>	<b>100.00</b>	<b>102.1385</b>	<b>100.00</b>	<b>0.9000</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
ESTRATO INFERIOR (HERBÁCEO)								
1	<b><i>Adiantum andicola</i> Liebm.</b>	<b>0.5000</b>	<b>7.6923</b>	<b>0.6656</b>	<b>16.9758</b>	<b>0.2000</b>	<b>14.2857</b>	<b>12.98</b>
2	<i>Baccharis heterophylla</i> Kunth	0.4000	6.1538	0.3190	8.1364	0.1000	7.1429	7.14
3	<b><i>Cenchrus</i> L.</b>	<b>0.6000</b>	<b>9.2308</b>	<b>1.7452</b>	<b>44.5103</b>	<b>0.3000</b>	<b>21.4286</b>	<b>25.06</b>
4	<i>Croton adspersus</i> Benth.	0.5000	7.6923	0.2262	5.7696	0.1000	7.1429	6.87
5	<i>Lopezia mexicana</i> Jacq.	0.3000	4.6154	0.0196	0.4998	0.1000	7.1429	4.09
6	<b><i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz &amp; Windham</b>	<b>1.9000</b>	<b>29.2308</b>	<b>0.2761</b>	<b>7.0411</b>	<b>0.3000</b>	<b>21.4286</b>	<b>19.23</b>
7	<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	1.5000	23.0769	0.1693	4.3183	0.1000	7.1429	11.51
8	<i>Thuidium</i> sp.	0.1000	1.5385	0.4072	10.3844	0.1000	7.1429	6.36
9	<i>Verbesina virginica</i> L.	0.7000	10.7692	0.0927	2.3642	0.1000	7.1429	6.76
<b>TOTAL</b>		<b>6.500</b>	<b>100.00</b>	<b>3.9208</b>	<b>100.00</b>	<b>1.4000</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Con respecto a la diversidad, la abundancia total registrada para los tres estratos fue de 1,308 individuos, siendo *Quercus deserticola* Trel. (601 individuos) y *Quercus rugosa* Née (223 individuos) las especies dominantes. A su vez, la riqueza total fue de 27 especies, con un índice de Shannon-Wiener de  $H' = 1.89$ , lo que indica que la diversidad de este tipo de vegetación en el área de CUSTF es baja. La repartición de los individuos entre las especies también es baja, indicada por un índice de equidad fue de Pielou  $J' = 0.5728$ .

Tabla V—28. Abundancia, riqueza diversidad y equidad de los tres estratos que componen el bosque de encino de las superficies de CUSTF

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	5	27	0.0038	-5.5668	-0.0213	1.89	0.5728
<i>Ageratina</i> sp.	1		0.0008	-7.1763	-0.0055		
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	17		0.0130	-4.3430	-0.0564		
<i>Baccharis heterophylla</i> Kunth	11		0.0084	-4.7784	-0.0402		
<i>Bursera cuneata</i> (Schltdl.) Engl.	32		0.0245	-3.7105	-0.0908		
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	3		0.0023	-6.0776	-0.0139		
<i>Cenchrus</i> L.	6		0.0046	-5.3845	-0.0247		
<i>Croton adspersus</i> Benth.	5		0.0038	-5.5668	-0.0213		
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	2		0.0015	-6.4831	-0.0099		
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	6		0.0046	-5.3845	-0.0247		
<i>Garrya longifolia</i> Rose	14		0.0107	-4.5372	-0.0486		
<i>Loeselia mexicana</i> Brand	1		0.0008	-7.1763	-0.0055		
<i>Lopezia mexicana</i> Jacq.	3		0.0023	-6.0776	-0.0139		
<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	19		0.0145	-4.2318	-0.0615		
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	8		0.0061	-5.0968	-0.0312		

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	5		0.0038	-5.5668	-0.0213		
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	13		0.0099	-4.6113	-0.0458		
<i>Quercus deserticola</i> Trel.	601		0.4595	-0.7777	-0.3573		
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	160		0.1223	-2.1011	-0.2570		
<i>Quercus rugosa</i> Née	223		0.1705	-1.7691	-0.3016		
<i>Quercus</i> sp.	2		0.0015	-6.4831	-0.0099		
<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	15		0.0115	-4.4682	-0.0512		
<i>Thuidium</i> sp.	1		0.0008	-7.1763	-0.0055		
<i>Tilia americana</i> L. var. <i>mexicana</i>	3		0.0023	-6.0776	-0.0139		
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	11		0.0084	-4.7784	-0.0402		
<i>Verbesina virginica</i> L.	72		0.0550	-2.8996	-0.1596		
<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.	69		0.0528	-2.9421	-0.1552		
	<b>1308</b>		<b>1.000</b>	<b>H' calculada</b>	<b>1.89</b>		

#### V.2.1.2.4 Análisis forestal, estatus de protección legal de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y endemismo de las especies presentes en las superficies de CUSTF

Conforme a los resultados obtenidos del diagnóstico de campo se encontró que la vegetación que se pretende afectar con el CUSTF se puede clasificar en algunas parte de su distribución espacial como vegetación secundaria, ya que desde hace muchos años en el área se han llevado a cabo actividades como la agricultura y ganadería, lo que ha ejercido una fuerte y constante presión sobre la flora y fauna que ahí se encuentra, trayendo consigo modificaciones en la composición y estructura de la vegetación.

De manera que la histéresis (historial de disturbios naturales y antropógenos; Chazdon *et al.*, 2007) de los sitios de muestreo en las superficies de CUSTF se reflejan en una menor riqueza y diversidad de especies comparado con lo registrado en la CHF. No obstante, las zonas propuestas para CUSTF son similares a las de la CHF estructuralmente, pues dominan árboles con diámetros pequeños y de bajo porte, principalmente de especies del género *Quercus*. En consecuencia, es posible plantear que la riqueza de especies a afectar en las superficies de CUSTF está distribuida también en la CHF y que, dados los menores valores de diversidad registrados en dicha área, así como su menor estado de desarrollo alométrico, no se afectará la funcionalidad de este ecosistema por el desarrollo de las actividades de CUSTF.

Por otro lado, 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 en el área de CUSFT, se registró **una única especie enlistada en la citada norma (NOM-059-SEMARNAT-2010)**, en la categoría de En Peligro de Extinción (*Tilia americana L. var. mexicana*) misma que es endémica para el país (Villaseñor, 2016). Con respecto al nivel de endemismos, en el área de CUSTF se

registraron cinco especies endémicas al país (Villaseñor, 2016): *Bursera cuneata* (Schltdl.) Engl., *Garrya longifolia* Rose, *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck, *Quercus deserticola* Trel. y *Tilia americana* L. var. *mexicana*. Es importante destacar que todas las especies endémicas o bajo alguna categoría de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se registraron en las superficies de CUSTF se encuentran también representadas en la CHF.

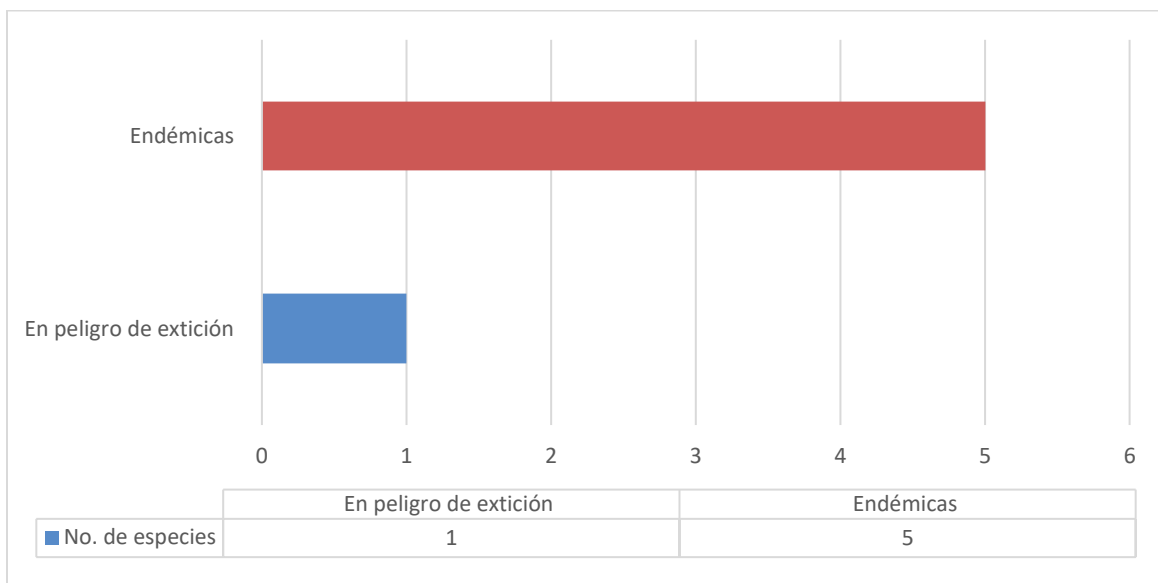


Figura V—35. Número de especies endémicas o bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, registradas en las superficies de CUSTF

### V.2.2 Fauna

En este apartado se presentan los resultados de los levantamientos de información en campo relativos a la fauna que habita en las 64 hectáreas del Área del Proyecto (AP).

### **V.2.2.1 Antecedentes faunísticos**

México posee una gran importancia biológica en cuanto a fauna se refiere debido a que su compleja historia geológica y su posición geográfica le dan un carácter único, ya que en el país se ha llevado a cabo un intercambio faunístico que no tiene comparación con alguna otra región del planeta (Maldonado-González, 2008). Este aspecto destaca particularmente en ciertos grupos. Por ejemplo, se ubica en el quinto lugar en la diversidad de anfibios con un total de 376 especies (Parra-Olea *et al.*, 2014), y ocupa el primer lugar mundial en reptiles, de manera que en México existen 864 especies que representan el 8.7% del total mundial (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014). Además, tiene el tercer lugar en mamíferos silvestres con 525 especies (Ceballos y Oliva, 2005).

En cuanto al grupo de las aves, la riqueza reportada por distintos autores varía de 1,123 (AOU, 2013) a 1,150 (Gill y Donsker, 2013) especies, lo que representa alrededor del 11% a nivel mundial, colocando a México en el onceavo país con mayor riqueza avifaunística del mundo (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014). México es, además, un importante corredor migratorio y sitio de invernación para más del 50% de especies de aves que se reproducen en E.U. y Canadá, y que durante el invierno migran hacia latitudes menores (Ramamoorthy *et al.* 1998; Challenger 1998).

El estado de Michoacán de Ocampo tiene una gran importancia biológica que reside en su ubicación, ya que se encuentra influenciado por las zonas biogeográficas neártica y neotropical y en su territorio confluyen las provincias fisiográficas Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur. Esta situación geográfica permite albergar una gran variedad de climas y cambios topográficos que se ven reflejados directamente en la diversidad de ecosistemas, así como en la riqueza de especies animales y vegetales.

A nivel estatal, el número de anfibios que se tiene registrado hasta el año de 2005 es de 42 especies (Huacuz-Elías, 2005), que representan el 11% del total de especies registradas en el país. En lo que respecta a los reptiles, se han registrado

139 especies para el estado (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014), que representan el 16% del total de especies de reptiles en México.

En el caso de la mastofauna, se tienen registradas 161 especies de mamíferos terrestres para el estado de Michoacán (Monterrubio *et al.* 2014), que representan el 28.5% del total registrado para el país. En el caso de las aves, se tienen registradas 547 especies (Villaseñor-Gómez, 2005), que representan aproximadamente el 51% del total de registros para México.

A nivel regional, el área del proyecto se encuentra en la región fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal, que es reconocida por su alta concentración de endemismos de varios grupos de vertebrados (Ceballos, 2010).

### Herpetofauna

Las publicaciones que se han referido a los anfibios y reptiles de Michoacán son principalmente de carácter taxonómico, aunque abordan algunos aspectos ecológicos y de distribución (Smith, 1942; Duellman, 1956; Hartweg, 1960; Campbell y Murphy, 1977; Campbell y Lamar, 1989).

La herpetofauna de la entidad ha sido estudiada en su totalidad o por grupos específicos, mediante el trabajo de diversos autores desde mediados del siglo pasado: Smith y Taylor (1945), Peters (1954), Duellman (1961 y 1965), Álvarez y Díaz-Pardo (1983), Guzmán (1993), Huacúz (1995), Alvarado y Huacúz (1996) y Estrada (2001).

Entre los primeros esfuerzos por describir la herpetofauna del estado se encuentra el trabajo realizado por Schmidt y Shannon (1947), en la región de Tancítaro-Apatzingán, en el cual abarcan un intervalo altitudinal considerable para lograr una mejor descripción de la zona. Mencionan un total de 11 anfibios y 49 reptiles.

Con base en los resultados del conjunto de estudios citados, en el estado de Michoacán se han registrado 42 especies de anfibios de nueve familias, lo que representa el 14.48% de las conocidas para el país. Pertenecientes al orden Anura (ranas) se cuenta con registros de 34 especies, mientras que del orden Urodela

(salamandras, ajolotes o achoques) se tiene conocimiento de ocho especies. (CONABIO, 2005).

Estas cifras pueden variar dependiendo del criterio del autor. Por ejemplo, de acuerdo con Flores-Villela (1998) y Salgado (2002), a partir de datos provenientes de las bases del Sistema Nacional de Biodiversidad SNIB CONABIO, se aceptan 48 especies de anfibios pertenecientes a ocho familias. En cuanto a los reptiles registrados en la entidad, se han reportado 138 especies, de las cuales 13 son endémicas (CONABIO, 2005).

Los esfuerzos por incrementar el conocimiento de la herpetofauna del estado son esporádicos, aunque existen algunos trabajos en la última década. Por ejemplo, Reyna-Álvarez *et al.* (2010), registraron ocho especies de anfibios, dos de tortugas, 18 de lagartijas, 18 especies de serpientes y un anfisbénido en el municipio de Huetamo Michoacán.

Medina-Aguilar y colaboradores (2011), realizaron un inventario faunístico en seis tipos de vegetación diferentes. Registraron 28 especies de anfibios y 53 de reptiles. Marroquín-Páramo y colaboradores (2017), realizan una comparación entre áreas perturbadas por monocultivos y áreas conservadas. Los autores registraron un total de 46 especies, de las cuales 13 correspondieron a anfibios y 33 a reptiles.

Torres-López, M., y colaboradores en 2022 presentan información sobre la estructura y distribución de los ensamblajes herpetofaunísticos en diferentes tipos de vegetación (bosque de pino-encino (PE), selva baja caducifolia (SB), bosque de Sabal (*Sabal pumus*) (SP) y huertas de aguacate (*Persea americana*) (HA)) en el municipio de Ario de Rosales, Michoacán, obteniendo que la riqueza total (gama) del paisaje se caracterizó por incluir 54 especies (18 anfibios, 17 serpientes, 16 lagartijas y 3 tortugas).

Suazo-Ortuño I., y colaboradores presentan una guía de campo de anfibios y reptiles del municipio de Morelia en la cual reportan 16 especies de anfibios, 12 de lagartijas, dos de tortugas y 30 de serpientes.

### Mastofauna

El estudio de la mastofauna en el estado de Michoacán se inicia con los estudios de Allen (1895), que reportó nuevas especies de roedores y el de Goldman (1918), que describió roedores del género *Oryzomys*.

Hall y Villa (1950), en diversas regiones de Tierra Caliente y la cuenca del Balsas-Tepalcatepec, realizaron estudios que describen la composición faunística conocida en ese momento para Michoacán, publicando el primer listado de mamíferos para el Estado. Baker y Alcorn (1953), publicaron el primer estudio sobre musarañas basándose en restos de egagrópilas para el estado. Álvarez y Aviña (1965) reportan por primera vez para Michoacán los murciélagos *Rhogeessa tumida* y *R. parvula*. Álvarez y Ramírez Pulido (1968) describen una nueva subespecie de ardilla terrestre del género *Spermophilus*, al oeste del Río Balsas.

La Val (1973) realizó un estudio de variación interespecífica de los géneros *Rhogeessa* y *Baedon*, describiendo los rasgos característicos de las especies comprendidas en el género *Rhogeessa* y registrando una nueva especie de murciélago, *Rhogeessa mira*, que se encuentra únicamente en el área de Infiernillo. Carleton (1977) efectuó un estudio al suroeste de la entidad, proporcionando información acerca de la distribución y morfología de las poblaciones del grupo *Peromyscus boylii*, obteniendo un nuevo registro de *Peromyscus winkelmanii*, en las localidades de Aguililla y Dos Aguas.

Uribe-Peña *et al.* (1981) realizaron una colecta de vertebrados en el rancho “El Reparito”, municipio de Arteaga. Hall (1981), realiza una obra donde describe la distribución, taxonomía y descripción de las especies de mamíferos de Norte América. Orduña y Salas (1993), identificaron un total de 43 especies de mamíferos en una asociación de pino-encino, en la región de la Meseta Tarasca, entre las cuales se encuentran tres especies de tuzas.

Núñez-Garduño (1989) presenta una lista total de 141 especies de mamíferos para Michoacán, describiendo su distribución y menciona dos especies endémicas *Peromyscus winkelmanii* y *Zygogeomys trichopus*.

En la segunda etapa de estudios que se llevó a cabo en los años noventa, las contribuciones más importantes fueron las de Núñez Garduño y Pastrana (1990), que publicaron un manual de identificación de roedores michoacanos. Fa y Morales (1991) analizaron a una escala de ecorregión a los mamíferos y las áreas naturales protegidas del cinturón del Eje Neovolcánico.

Lechuga y Núñez-Garduño (1993) reportan 43 especies de mamíferos silvestres para la región del Valle de los Reyes al noroeste del estado, representando el 28.7% de la mastofauna michoacana. Orduña (2000) presentó un listado de 142 especies distribuidas según su presencia o ausencia en cada región fisiográfica del estado; también señala que 29 especies pueden ser susceptibles de aprovechamiento cinegético y clasifica a 31 especies como nocivas.

Flores-Oviedo (1996) efectuó un estudio de los mamíferos silvestres de la Tierra Caliente del estado de Michoacán, reportando un total de 82 especies pertenecientes a 51 géneros y 17 familias, las localidades de colecta fueron en los municipios de Aguililla, Apatzingán, Angamacutiro, Nueva Italia, La Huacana, Huetamo y Tuzantla. Álvarez y Sánchez-Casas (1997) presentan una sinopsis de 30 especies de mamíferos del Estado, exceptuando quirópteros y roedores, de cada especie mencionan la localidad de colecta, medidas somáticas, estado reproductivo y condiciones de captura.

Álvarez y colaboradores (1998), contribuyen al conocimiento de la mastofauna del Estado a través de la elaboración de un listado de especies basándose en especímenes de colección; dicho listado contiene 148 especies y, dentro de las localidades, se mencionan los municipios de Coalcomán y Aguililla. Chávez-León y Rivera (2009) documentaron la riqueza de mamíferos del parque nacional Barrancas del Cupatitzio, registrando un total de 43 especies de mamíferos

pertenecientes a 8 órdenes, 16 familias y 32 géneros, reportando la presencia del tigrillo (*Leopardus wiedii*).

Castro Campillo y Ramírez Pulido (2000) hicieron un estudio sistemático de la tuza (*Thomomys umbrinus*). Aguilar-Bahena (2004) realizó un estudio sobre los mamíferos medianos de los alrededores de la comunidad de las Anonas, municipio de Jungapeo, Michoacán, desde un punto de vista etnozoológico, reportando el uso tradicional de las especies. Álvarez (2005) hace la revisión de la especie endémica del área, *P. winkelmanni*.

Monterrubio y colaboradores (2010) hicieron un estudio sobre la distribución y secuencias del citocromo b para el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) para el estado de Michoacán. Charre-Medellín (2012) efectuó un estudio con cámaras trampa, registrando la actividad de vertebrados que utilizaron manantiales en la región de la costa de Michoacán, obteniendo la presencia de tres felinos en peligro de extinción (*Panthera onca*, *Leopardus pardalis* y *Leopardus wiedii*), el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) y dos especies amenazadas (*Herpailurus yagouaroundi* y *Spilogale pygmaea*).

En el caso de los mamíferos, se tienen registrados para el estado de Michoacán 161 especies (Monterrubio *et al.* 2014), dentro de los que destacan el jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), margay (*Leopardus wiedii*), jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) y la nutria (*Lontra longicaudis*). En el caso de los endemismos, se han registrado para el estado la tuza michoacana (*Zygogeomys trichopus*), ratón (*Peromyscus winkelmanni*) y el murciélago (*Rhogeessa mira*).

De acuerdo con Monterrubio *et al.* (2014), en el estado de Michoacán se distribuyen 41 especies endémicas a México, de las cuales 23 son del orden Rodentia; de estas especies, el ratón de Coalcomán (*Peromyscus winkelmani*) y la tuza de Michoacán (*Zygogeomys trichopus*) son endemismos estatales. Por su parte, los quirópteros

presentan nueve especies endémicas al país y una endémica al Estado, que es el murciélago amarillo de Infiernillo (*Rhogeessa mira*).

### Avifauna

Del total de la avifauna mundial, en México está representado un 11% con aproximadamente 1,123 especies, de las cuales cerca de 77% de las especies son aves que ocupan el territorio para reproducción y que habitan en nuestro país de manera permanente. De ellas, un total de entre 194 y 212 son endémicas de México (Navarro Sigüenza *et al.*, 2004; 2014).

Para la avifauna comprendida para el estado de Michoacán, destaca el trabajo de Fernando y Laura Villaseñor Gómez (2005), el cual presenta un listado de las especies y subespecies de aves para la entidad. El listado consta de 492 especies pertenecientes a 63 familias, representando el 48.9% del total de la avifauna registrada para la República Mexicana. Un total de 336 especies residentes y 156 migratorias. Las especies terrestres residentes representan poco más de la mitad de la avifauna. Se reconocen 116 especies que son endémicas a Mesoamérica y 15 endémicas a la región árida tropical del oeste de México. Del total de 492 especies del listado, 48 se consideran nuevos registros.

Así mismo, se tiene un estudio sobre la avifauna del parque nacional barranca de Cupatitzio, Michoacán ubicado en la zona central del estado (Chávez-León, 2007), con un total de 128 especies con 93 géneros, 35 familias y 12 órdenes.

Por otro lado, en la misma región destaca el estudio sobre diversidad de aves de la subcuenca del río Cupatitzio (Villaseñor-Gómez *et al.* 2013), registrando un total de 301 especies de 52 familias.

Otro estudio avifaunístico para la entidad fue el realizado por Herrera y Salgado Ortiz (2014), en el cual registran la diversidad de aves de la cuenca baja del Lago de Cuitzeo, obteniendo un total de 99 especies con 13 órdenes y 32 familias.

### **V.2.2.2 Metodologías de muestreo de fauna en el AP**

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.

### 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.

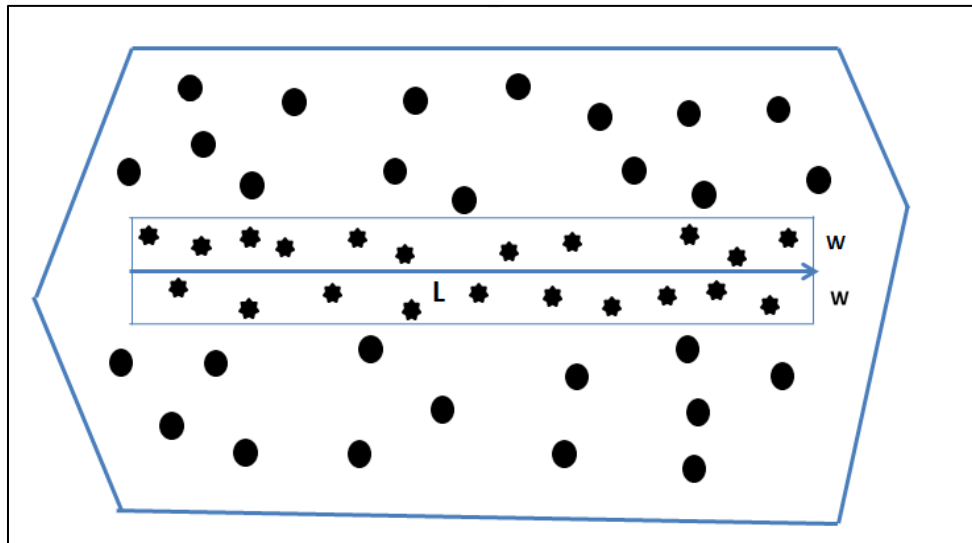


Figura V—36. Esquema donde se ejemplifica un transecto en franja

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.

### 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).

### 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 fototampas, 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.

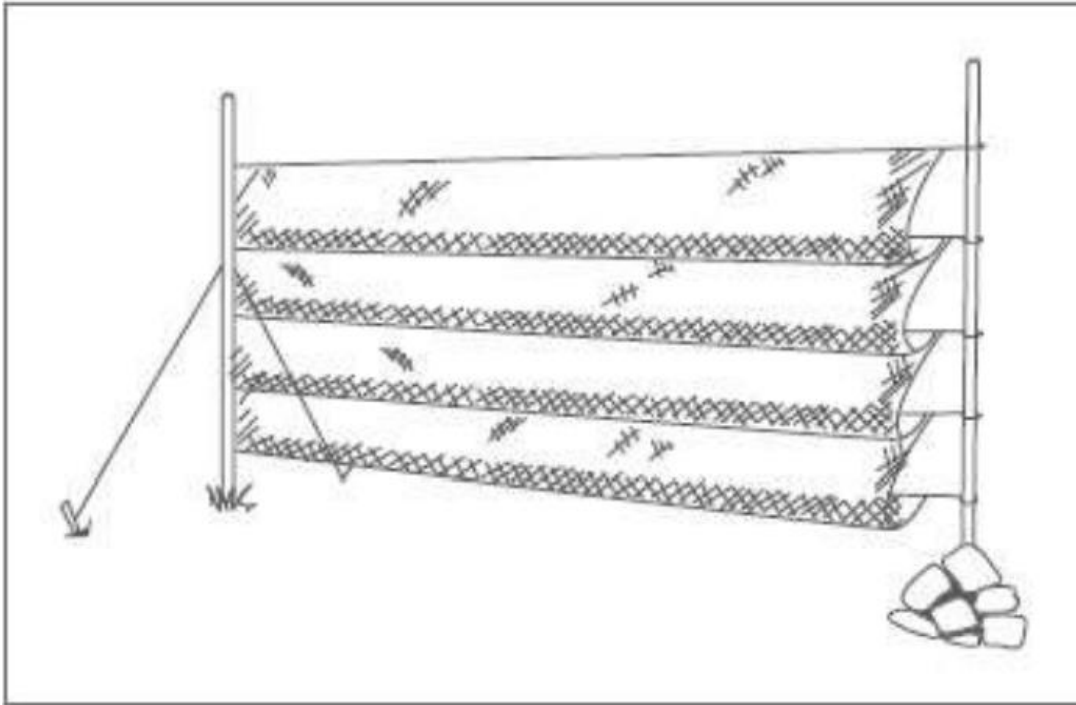


Figura V—37. Red de niebla instalada a nivel de sotobosque (tomado de Nagorsen y Peterson, 1980)

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.

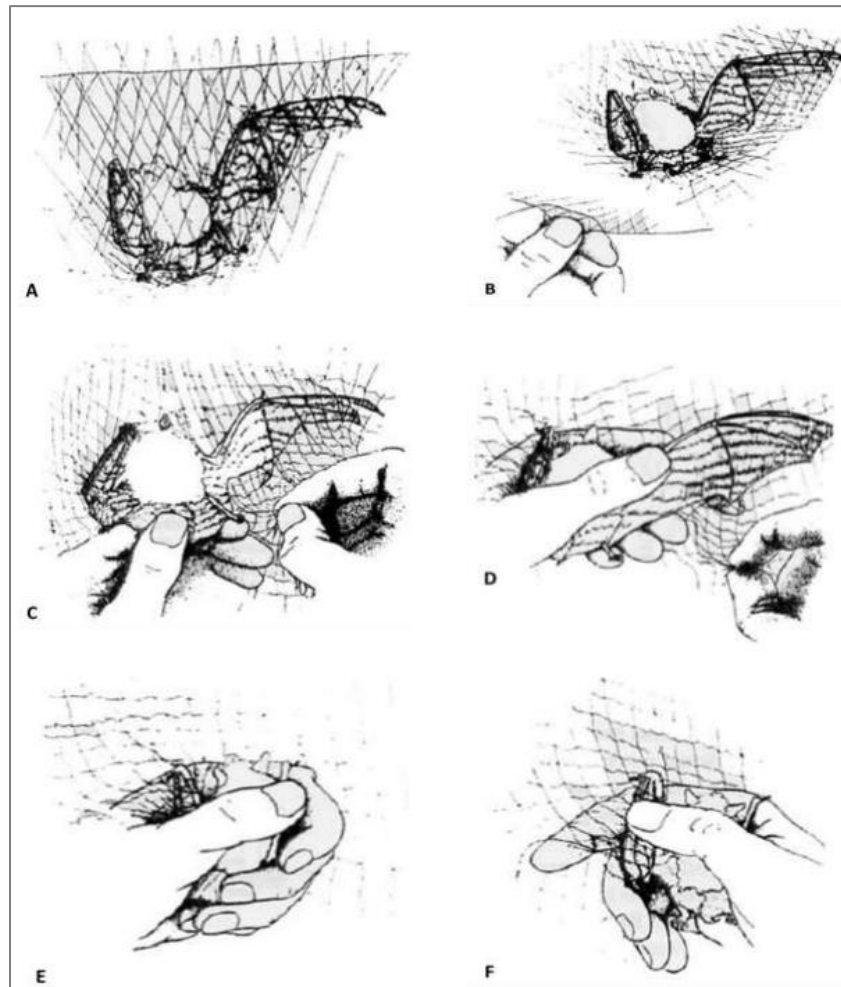


Figura V—38. Secuencia de extracción de un murciélago de la red

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 V—29. 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		

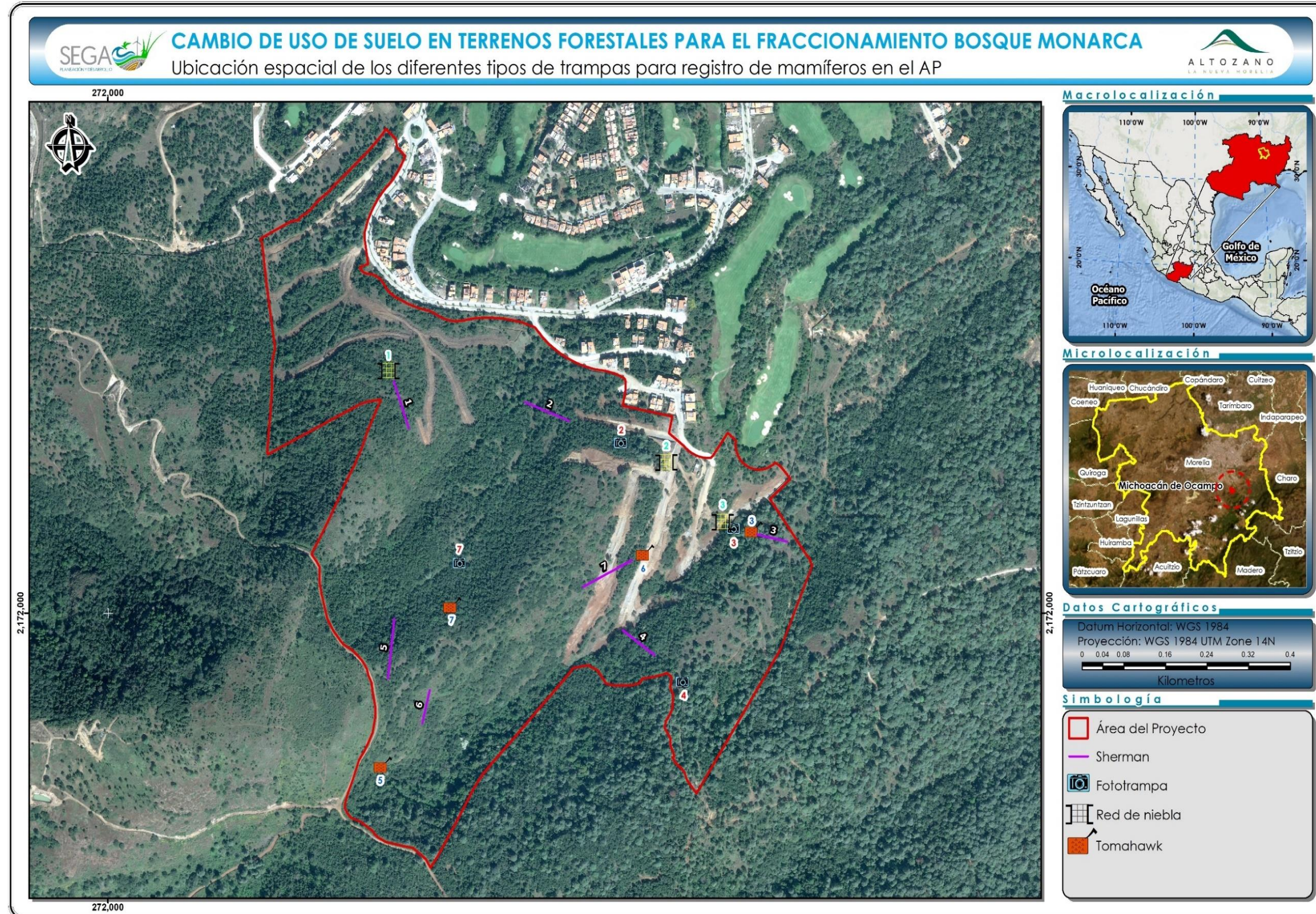


Figura V—39. Ubicación espacial de los diferentes tipos de trampas utilizadas para registro de mamíferos en el AP

### 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 del predio.



Personal de SEGA durante la búsqueda diurna de herpetofauna



Búsqueda nocturna de herpetofauna en el sitio de muestreo



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



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 fotografiando avifauna

### V.2.2.2.1 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 V—30. Transectos utilizados para el monitoreo de fauna silvestre en el AP

<b>Coordenadas Transectos AP</b>			
<b>Coordenadas UTM Z14N WGS 84</b>			
<b>Punto</b>	<b>Zona</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
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
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

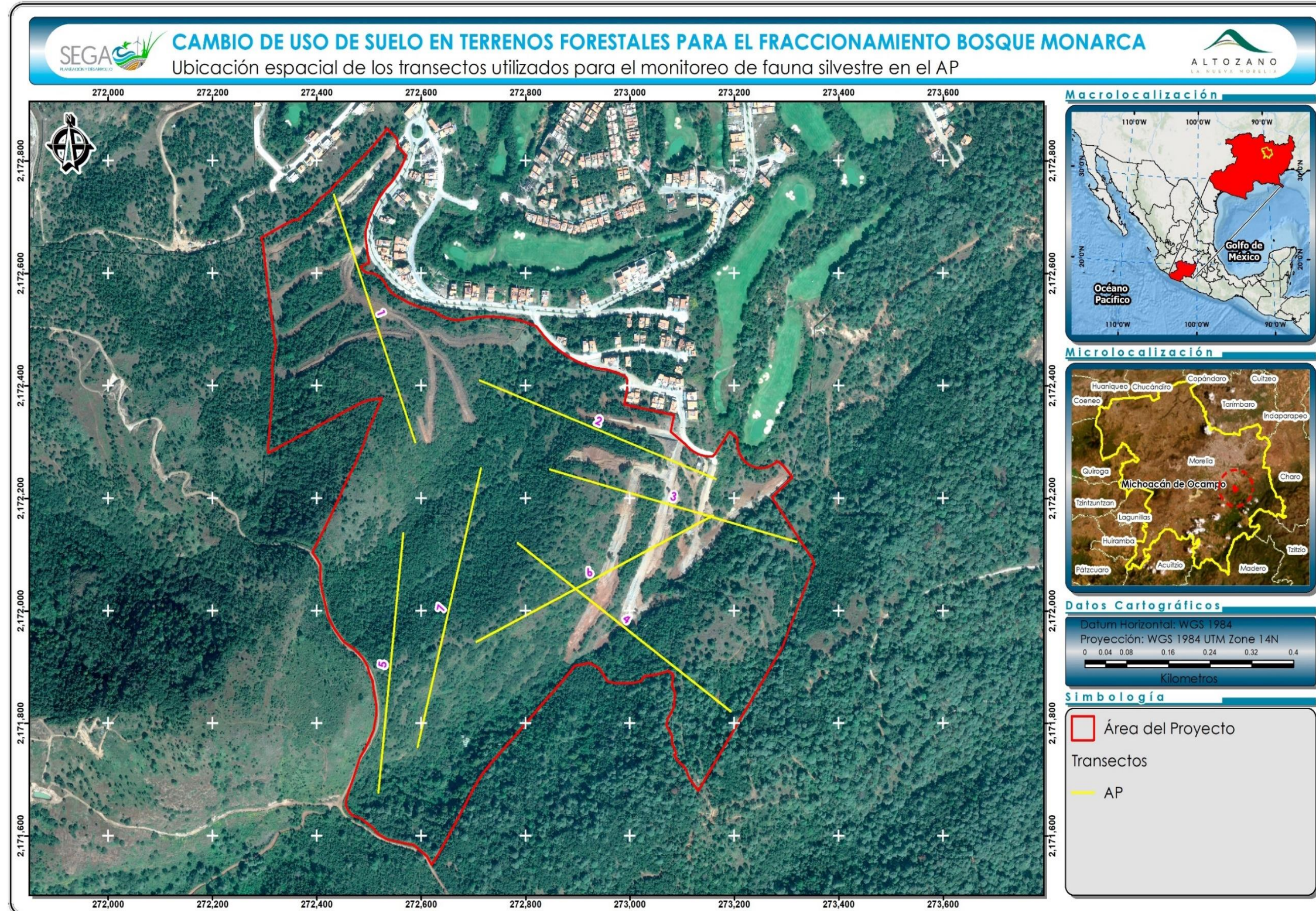


Figura V—40. Ubicación de los transectos utilizados durante los muestreos de campo en el AP

#### V.2.2.2 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.  $\beta$*  (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.

### V.2.2.3 Resultados del muestreo en el Área del Proyecto (AP)

Durante el trabajo de campo se logró registrar un total de 92 especies, 33 familias y 15 órdenes de vertebrados terrestres. Estos registros representan alrededor del 10.3% de la biodiversidad total de vertebrados que alberga el estado de Michoacán (Martínez-Meyer *et al.* 2014). Cuatro especies registradas corresponden a reptiles, distribuidos en dos familias y un orden; los anfibios no estuvieron representados.

En el caso de mamíferos, se registraron 9 especies, comprendidas en siete familias y cinco órdenes. Las aves fueron el grupo que tuvo una mayor riqueza con 79 especies, 24 familias y 9 órdenes (ver tabla siguiente).

Tabla V—31. Número de especies, familias y órdenes de los diferentes grupos de vertebrados registrados en el AP

Nivel taxonómico	Anfibios	Reptiles	Mamíferos	Aves	Total
<b>Especies</b>	0	4	9	79	92
<b>Familias</b>	0	2	7	24	33
<b>Ordenes</b>	0	1	5	9	15

De las 92 especies registradas durante los trabajos de campo, se estimó la proporción para cada clase de vertebrados, encontrando que la mejor representada son las aves con el 86% de las especies registradas, seguido de los mamíferos con el 10%, después los reptiles con 4% (ver la siguiente figura).

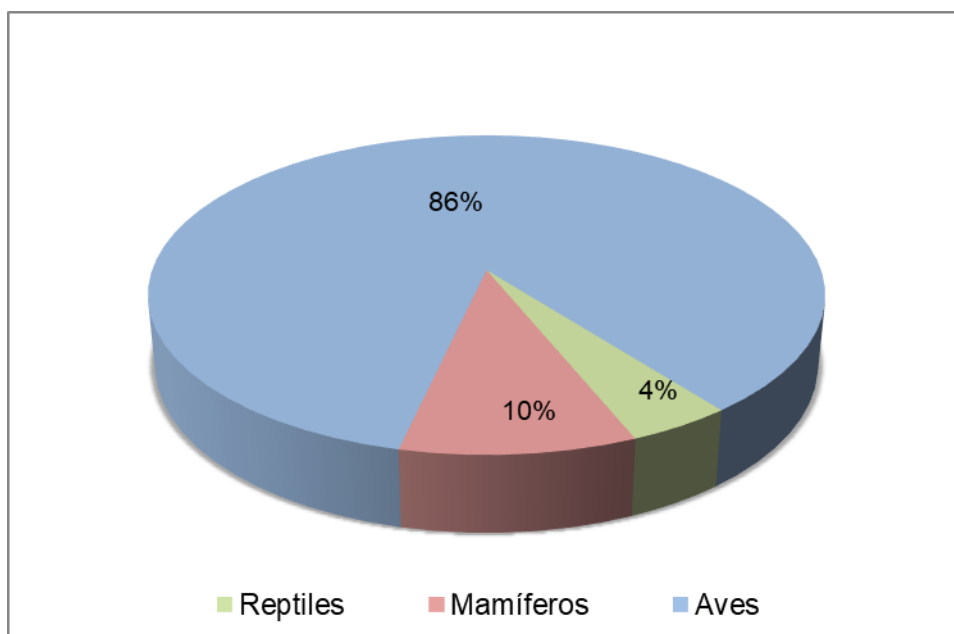


Figura V—41. Proporción de especies registradas por cada Clase de vertebrados

A continuación, se muestra el listado general de las especies de fauna registradas en el AP del proyecto, separadas por grupo faunístico. Por otra parte, en el Anexo 6 se muestra el catálogo fotográfico de dichas especies.

Tabla V—32. Listado general de especies de fauna registradas durante los trabajos de campo en el AP

ID	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
<b>Reptiles</b>				
1	<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	14	2.70
2	<i>Sceloporus scalaris</i>	Lagartija escamosa	1	0.19
3	<i>Sceloporus torquatus</i>	Espinosa de collar	5	0.96
4	<i>Conopsis nasus</i>	Culebra gris nariz de pala	1	0.19
<b>Mamíferos</b>				
5	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	4	0.77
6	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla gris	1	0.19
7	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón de campo	1	0.19
8	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	8	1.54
9	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	4	0.77
10	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	4	0.77
11	<i>Dermanura tolteca</i>	Murciélago frutero	1	0.19

ID	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
12	<i>Sturnira ludovici</i>	Murciélago	2	0.39
13	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	1	0.19
<b>Aves</b>				
14	<i>Columbina inca</i>	Tortolita cola larga	3	0.58
15	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	2	0.39
16	<i>Zenaida macroura</i>	Huilota común	4	0.77
17	<i>Antrostomus arizonae</i>	Tapacamino cuerpo rúin	1	0.19
18	<i>Selasphorus platycercus</i>	Zumbador cola ancha	2	0.39
19	<i>Cyananthus latirostris</i>	colibrí pico ancho	10	1.93
20	<i>Basilinna leucotis</i>	Zafiro orejas blancas	25	4.82
21	<i>Ramosomyia violiceps</i>	Colibrí corona violeta	1	0.19
22	<i>Saucerottia beryllina</i>	Colibrí berilo	2	0.39
23	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	9	1.73
24	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	9	1.73
25	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	1	0.19
26	<i>Buteo brachyurus</i>	Aguililla cola corta	1	0.19
27	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	4	0.77
28	<i>Megascops kennicottii</i>	Tecolote del oeste	1	0.19
29	<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	2	0.39
30	<i>Trogon elegans</i>	Coa elegante	2	0.39
31	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	1	0.19
32	<i>Dryobates scalaris</i>	Carpintero mexicano	6	1.16
33	<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquerito chillón	2	0.39
34	<i>Myiopagis viridicata</i>	Mosquerito verdoso	8	1.54
35	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	7	1.35
36	<i>Myiarchus nuttingi</i>	Papamoscas huí	3	0.58
37	<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano chibiú	6	1.16
38	<i>Contopus pertinax</i>	Papamoscas José María	3	0.58
39	<i>Empidonax hammondii</i>	Papamoscas de Hammond	17	3.28
40	<i>Empidonax affinis</i>	Papamoscas pinero	2	0.39
41	<i>Empidonax occidentalis</i>	Papamoscas barranqueño	1	0.19
42	<i>Empidonax fulvifrons</i>	Papamoscas pecho canela	2	0.39
43	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas cardenalito	3	0.58
44	<i>Vireo huttoni</i>	Vireo reyezuelo	2	0.39
45	<i>Vireo cassinii</i>	Vireo de Cassin	15	2.89
46	<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador	1	0.19
47	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	19	3.66
48	<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina verdemar	60	11.56

ID	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
49	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina alas aserradas	1	0.19
50	<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo	32	6.17
51	<i>Corthylia calendula</i>	Reyezuelo matraquita	22	4.24
52	<i>Ptiliogonys cinereus</i>	Capulínero gris	3	0.58
53	<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita azulgris	2	0.39
54	<i>Catherpes mexicanus</i>	Saltapared barranqueño	2	0.39
55	<i>Thryomanes bewickii</i>	Saltapared cola larga	5	0.96
56	<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared común	3	0.58
57	<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato azul	7	1.35
58	<i>Sialia sialis</i>	Azulejo garganta canela	9	1.73
59	<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	9	1.73
60	<i>Catharus aurantirostris</i>	Zorzal pico naranja	1	0.19
61	<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal cola canela	2	0.39
62	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano	7	1.35
63	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguerito dominico	5	0.96
64	<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejas blancas	3	0.58
65	<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojos de lumbre	1	0.19
66	<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	2	0.39
67	<i>Melospiza kieneri</i>	Rascador nuca canela	2	0.39
68	<i>Melospiza fusca</i>	Rascador viejita	2	0.39
69	<i>Aimophila ruficeps</i>	Zacatonero corona canela	6	1.16
70	<i>Pipilo maculatus</i>	Rascador moteado	4	0.77
71	<i>Atlapetes pileatus</i>	Rascador gorra canela	3	0.58
72	<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	3	0.58
73	<i>Oreothlypis superciliosa</i>	Chipe cejas blancas	2	0.39
74	<i>Leiostyris celata</i>	Chipe oliváceo	7	1.35
75	<i>Leiostyris crissalis</i>	Chipe de colima	1	0.19
76	<i>Leiostyris ruficapilla</i>	Chipe cabeza gris	1	0.19
77	<i>Geothlypis tolmiei</i>	Chipe lores negros	1	0.19
78	<i>Setophaga coronata</i>	Chipe rabadilla amarilla	4	0.77
79	<i>Setophaga graciae</i>	Chipe cejas amarillas	2	0.39
80	<i>Setophaga nigrescens</i>	Chipe negrogris	18	3.47
81	<i>Setophaga townsendi</i>	Chipe de Townsend	10	1.93
82	<i>Setophaga occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	4	0.77
83	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra canela	11	2.12
84	<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra	17	3.28
85	<i>Cardellina rubrifrons</i>	Chipe cara roja	1	0.19
86	<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito alas negras	5	0.96

ID	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Frecuencia relativa
87	<i>Piranga flava</i>	Piranga encinera	4	0.77
88	<i>Piranga ludoviciana</i>	Piranga capucha roja	6	1.16
89	<i>Piranga bidentata</i>	Piranga dorso rayado	2	0.39
90	<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	1	0.19
91	<i>Passerina versicolor</i>	Colorín morado	1	0.19
92	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	1	0.19
<b>TOTAL</b>			<b>519</b>	<b>100</b>

### **Especies enlistadas en alguna categoría de protección**

De las 92 especies registradas en el inventario realizado en el AP, cuatro se encuentran enlistadas en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, encontrándose agrupadas de la siguiente manera: tres especies en la categoría de Protección Especial (Pr) y una Amenazadas (A); las restantes 88 especies registradas no se encuentran enlistadas en esta Norma. Es importante mencionar que no se registraron especies incluidas en la categoría de En Peligro de Extinción (P). En la siguiente figura se representa el porcentaje y las especies incluidas en cada categoría de protección, con respecto al total de especies caracterizadas en el Área del Proyecto.

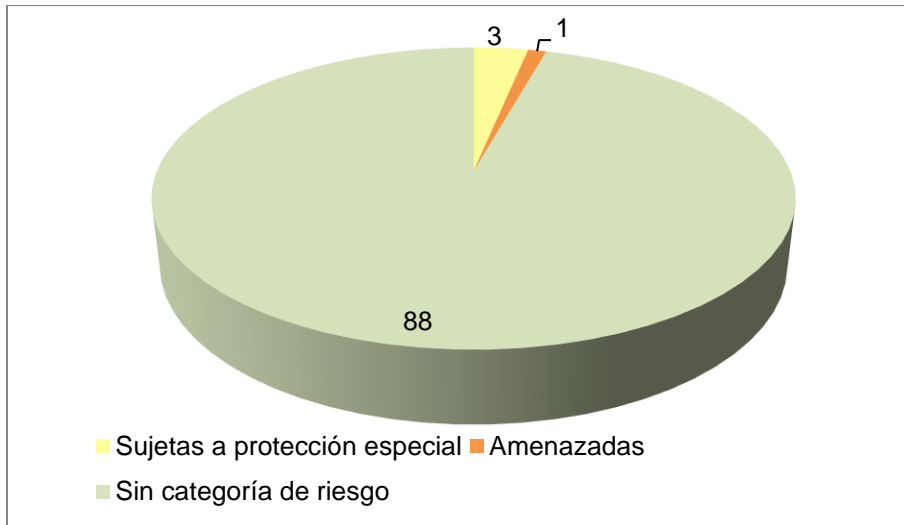


Figura V—42. Número de especies por categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (última actualización de 2019)

De las cuatro especies registradas en el AP que se encuentran enlistadas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, una corresponde al grupo de los reptiles y tres a las aves, como se observa en la siguiente figura y tabla.

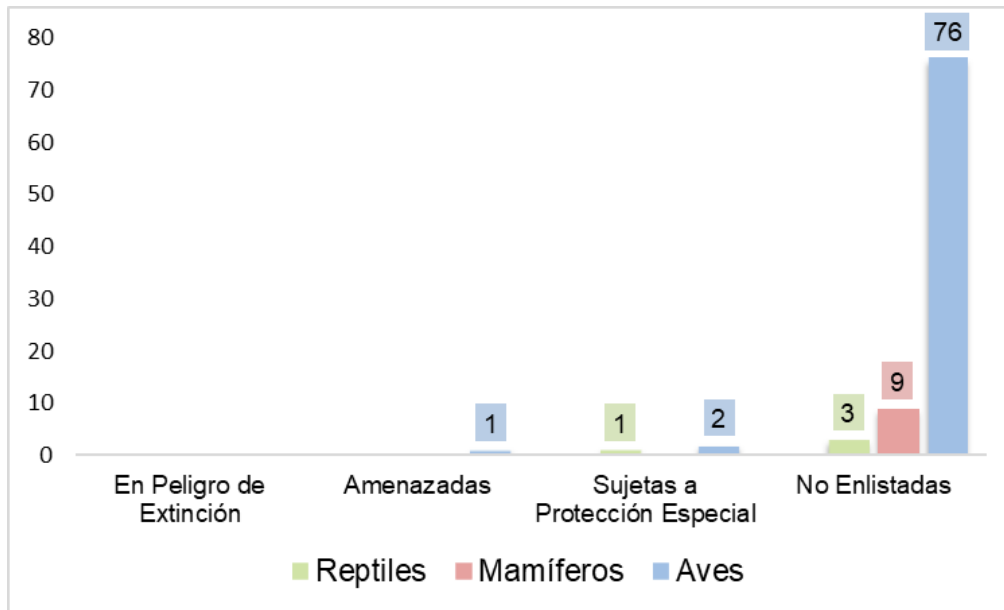


Figura V—43. Número de especies por categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (última actualización de 2019)

Tabla V—33. Especies registradas en el AP del proyecto que se encuentran en alguna categoría de protección, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010

Taxa	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
<b>Reptiles</b>		
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial
<b>Aves</b>		
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Sujeta a Protección Especial
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Sujeta a Protección Especial
<i>Geothlypis tolmiei</i>	Chipe lores negros	Amenazada

Con respecto al Chipe de lores negros (*Geothlypis tolmiei*; incluido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como *Oporornis tolmiei*), la única población que se encuentra protegida legalmente es la residente del Cerro Potosí, en Nuevo León, de tal manera que la subespecie que se distribuye en la AP corresponde a una subespecie distinta —ampliamente distribuida en todo el territorio nacional durante la temporada de invierno— que no se encuentra protegida por la legislación nacional.

Tabla V—34. Coordenadas de los registros de fauna silvestre enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Taxa	Nombre común	Estatus de riesgo (NOM-059)	Coordenadas UTM WGS 84. Zona 14	
			X	Y
<b>Reptiles</b>				
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272451.03	2172662.51
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272891.99	2172309.14
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272713.69	2172406.76
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272943.88	2172318.16
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272861.66	2172258.00
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272996.47	2172203.64
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	273175.56	2171826.86
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	273117.08	2171857.42
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272535.29	2171729.69
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272549.66	2172100.59
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272770.01	2171971.83
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Sujeta a Protección Especial	272610.09	2171797.99
<b>Aves</b>				
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Sujeta a Protección Especial	272472.27	2172494.58
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Sujeta a Protección Especial	273301.28	2172053.81
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Sujeta a Protección Especial	273190.83	2172168.41
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Sujeta a Protección Especial	273193.16	2171772.25
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Sujeta a Protección Especial	272742.92	2172025.62
<i>Geothlypis tolmiei</i>	Chipe lores negros	Amenazada	272748.99	2171941.50

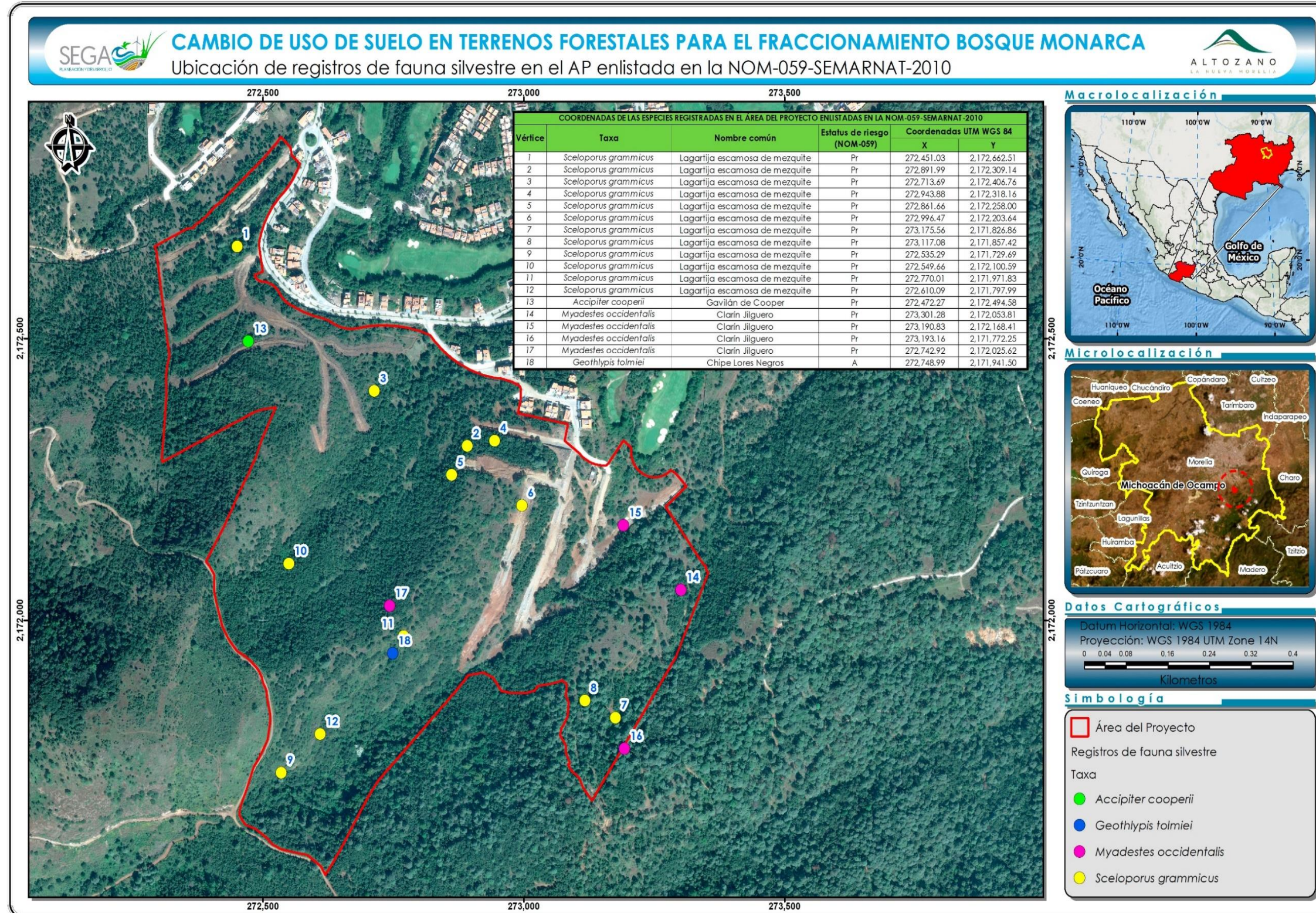


Figura V—44. Fauna silvestre registrada en el AP que se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010

## Endemismo

Como se puede observar en la siguiente tabla, las aves son el grupo que contribuye con un mayor número de especies incluidas en alguna de las categorías de endemismo analizadas (N=16), seguido del grupo de reptiles (N=3); de los mamíferos registrados, ninguna especie resultó endémica.

Tabla V—35. Listado de las especies registradas en el monitoreo que se consideran endémicas a México

Taxa	Nombre Común	Categoría
<b>Reptiles</b>		
<i>Sceloporus scalaris</i>	Lagartija escamosa	Endémica
<i>Sceloporus torquatus</i>	Espinosa de collar	Endémica
<i>Conopsis nasus</i>	Culebra gris nariz de pala	Endémica
<b>Aves</b>		
<i>Selasphorus platycercus</i>	Zumbador cola ancha	Semiendémica
<i>Cynanthus latirostris</i>	Colibrí pico ancho	Semiendémica
<i>Ramosomyia violiceps</i>	Colibrí corona violeta	Semiendémica
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano chibiú	Semiendémica
<i>Empidonax affinis</i>	Papamoscas pinero	Cuasiendémica
<i>Empidonax occidentalis</i>	Papamoscas amarillo barranqueño	Semiendémica
<i>Vireo cassinii</i>	Vireo de Cassin	Semiendémica
<i>Ptiliogonys cinereus</i>	Capulinero gris	Cuasiendémica
<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato azul	Endémica
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojos de lumbre	Cuasiendémica
<i>Melozone kieneri</i>	Rascador nuca canela	Endémica
<i>Atlapetes pileatus</i>	Rascador gorra canela	Endémica
<i>Leiothlypis crissalis</i>	Chipe de Colima	Semiendémica
<i>Setophaga nigrescens</i>	Chipe negrogris	Semiendémica
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra canela	Cuasiendémica
<i>Cardellina rubrifrons</i>	Chipe cara roja	Semiendémica

Para este estudio, en el AP, tanto los reptiles como las aves presentaron tres especies endémicas cada grupo, dando un total de seis endemismos, representando el 6.5% del total de especies reportadas. Las aves mostraron adicionalmente 9 especies semiendémicas y cuatro cuasiendémicas, que corresponden al 9.8% y 4.3% respectivamente, de las 92 encontradas en el presente inventario del AP, como se muestra en la siguiente figura.

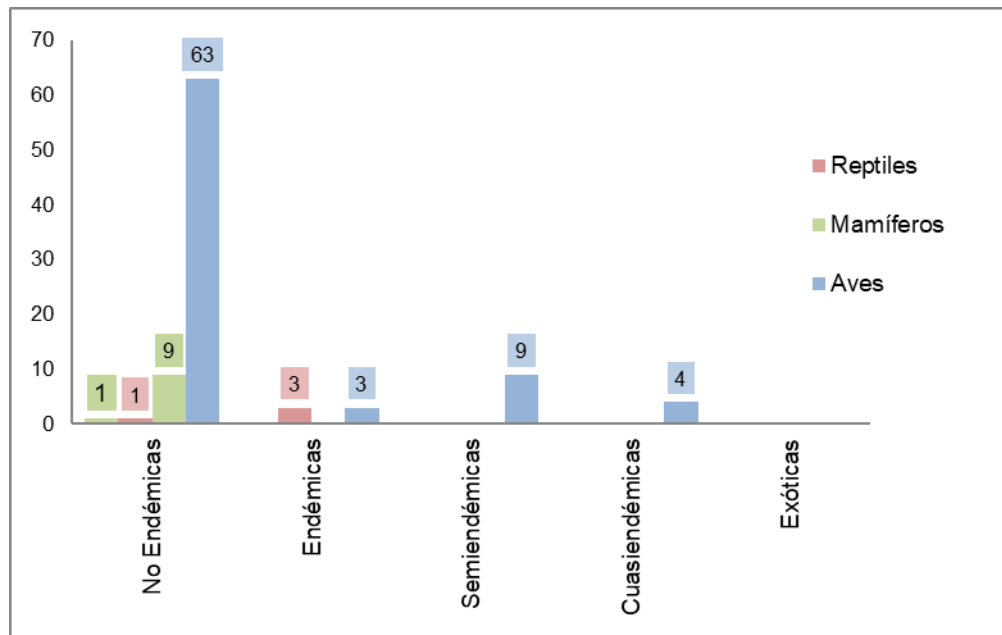


Figura V—45. Proporción de especies endémicas para cada Clase de vertebrados, con respecto del total de especies caracterizadas para el AP

Como se observa en figura anterior, 19 de las especies registradas mantienen una distribución que se restringe espacial y temporalmente al territorio nacional. Con relación a lo anterior, se registraron 9 especies de aves consideradas semiendémicas de acuerdo con la clasificación propuesta por González-García y Gómez-de Silva (2003), es decir, que su distribución se restringe a México solamente durante una parte de su ciclo anual. De igual manera se registraron cuatro especies de aves cuasiendémicas, que son aquéllas cuya distribución se extiende ligeramente (por continuidad ecológica u orográfica) a países vecinos fuera de los límites geopolíticos de México.

## **Estacionalidad**

Con relación al estatus de residencia de la riqueza total registrada para el AP, 71 especies fueron residentes permanentes y las restantes 21 residentes temporales. Se consideraron especies residentes permanentes a las que mantienen poblaciones durante todo el año en el área de estudio, completando así su ciclo biológico en la localidad. Por otra parte, se tomaron en cuenta como residentes temporales a todas aquellas especies cuyas poblaciones completan sólo parte de su ciclo anual en el Área del Proyecto.

Entre estas especies se encuentran las aves migratorias de invierno, que permanecen en el área del proyecto durante el otoño y el invierno, pero cada año durante el verano regresan a sus áreas de reproducción en Norteamérica.

Como se puede observar en las siguientes dos figuras, el número de especies residentes permanentes fue superior al de las residentes temporales. Para las residentes temporales, se registraron 21 especies de aves migratorias de invierno, entre las que se encuentran: *Empidonax hammondi* (Papamoscas de Hammond), *Mniotilta varia* (Chipe trepador), *Setophaga occidentalis* (Chipe cabeza amarilla) y *Passerina cyanea* (Colorín azul), por mencionar algunas.

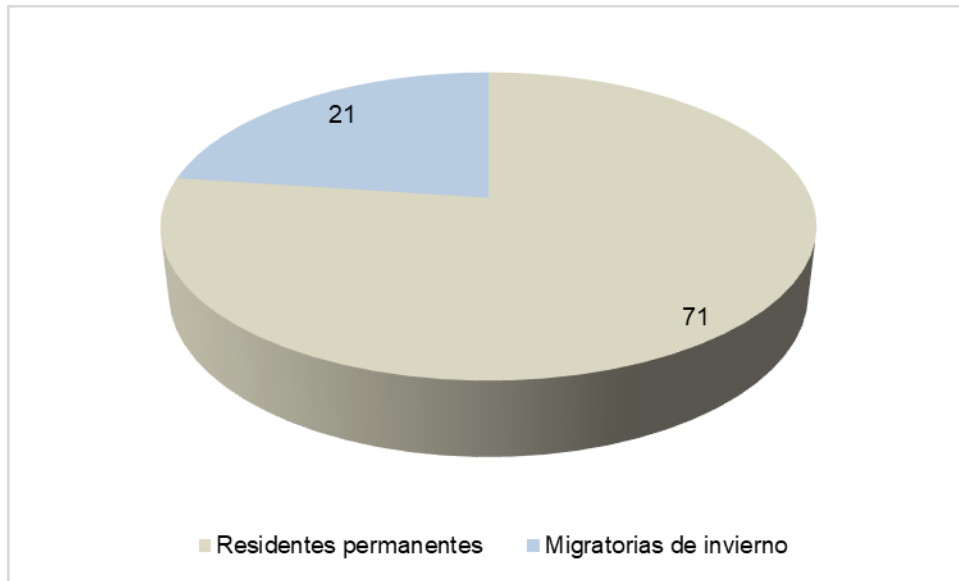


Figura V—46. Número de especies registradas en el AP por estatus de residencia

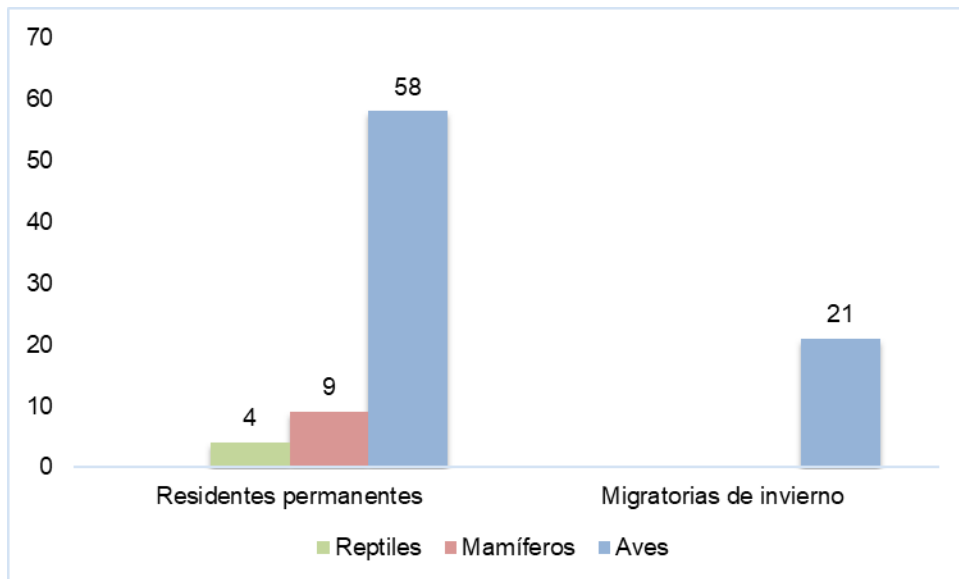


Figura V—47. Número de especies por estatus de residencia para cada clase de vertebrados

## **Diversidad de fauna**

### **Riqueza**

Durante los muestreos de campo en el AP, se registró un total de 92 especies de vertebrados terrestres, representadas por cuatro especies de reptiles, 9 de mamíferos y 79 de aves, tal como se muestra en la siguiente figura.

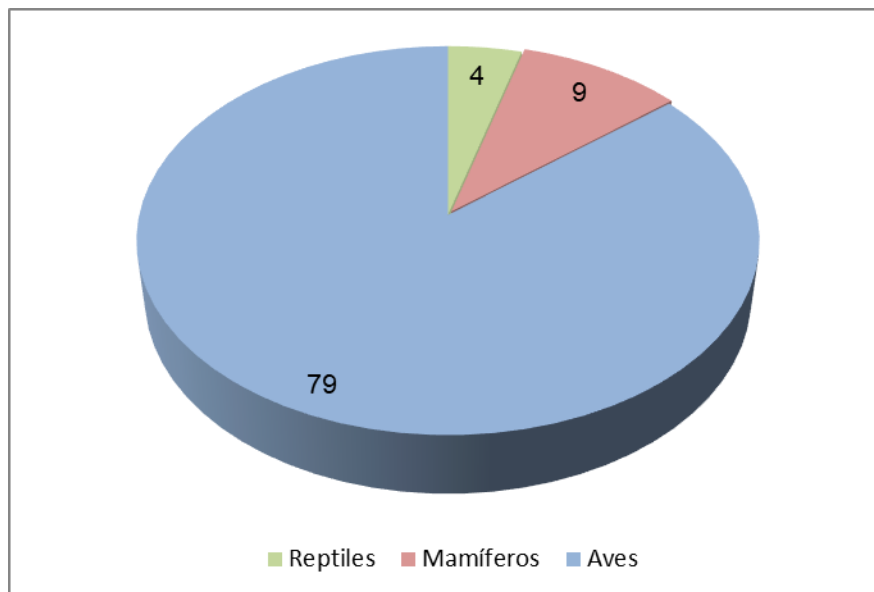


Figura V—48. Riqueza de vertebrados obtenida durante los trabajos de campo en el AP.

Es necesario mencionar que, cuando se trabaja con comunidades faunísticas, existen limitaciones de espacio, tiempo, esfuerzo y recursos, que en todos los casos impiden conocer a la totalidad de las especies que integran a una comunidad o que se distribuyen en un área determinada.

Partiendo de lo anterior y considerando además que las comunidades de fauna silvestre no se comportan como sistemas aislados, sino que, por el contrario, son dinámicas espacial y temporalmente por estar sujetas a procesos naturales de emigración, inmigración, extinciones locales o nuevas colonizaciones, es posible establecer que no existen inventarios biológicos completos, y los existentes

representan únicamente una fracción de la riqueza que se distribuyen en una región específica y en un tiempo determinado.

El número de especies es, quizás, el atributo más frecuentemente utilizado a la hora de describir una taxocenosis, ya que es una expresión mediante la cual se obtiene una idea rápida sencilla de su diversidad (Magurran, 1988; Gastón, 1996).

Por ello, los especialistas de distintas disciplinas relacionadas con el conocimiento de la biodiversidad han recurrido al empleo de métodos de muestreo probabilísticos, tal como los estimadores de riqueza (Colwell y Coddington 1994). A través del empleo de este tipo de estimadores, las curvas de acumulación nos permiten calcular el número (teórico esperado) de especies que existe en un área determinada, considerando la riqueza observada mediante los censos de campo y la tasa de encuentro de las especies, bajo una medida de esfuerzo estandarizada (Díaz-Francés y Soberón, 2005).

### **Estimaciones de la riqueza esperada**

Utilizando el programa *Species Accumulation vers.  $\beta$*  (Díaz-Francés y Soberón 2005), se analizó la riqueza de vertebrados esperada para el área de estudio con base en los siete días de muestreo, encontrando que, con un esfuerzo adicional de siete días de muestreo, se esperaría encontrar una riqueza de entre de 104 a 94 especies dependiendo de dos estimadores (Exponencial y Clench) empleados. Ello implica que el muestreo de campo realizado durante el presente estudio registró entre el 88.46 y 97.87% de las especies detectables mediante transectos y días en el AP. Lo anterior sugiere que el muestreo realizado es lo suficientemente completo, dado que el número de especies de vertebrados que podría hacer falta registrar sería tan bajo, que difícilmente merecerían una interpretación distinta a la establecida en este estudio.

En la siguiente figura se muestra la curva de acumulación de especies resultante y las modelaciones de la riqueza teórica. Se puede observar que los puntos rojos

representan el número de especies registradas por cada uno de los siete transectos de muestreo, y las líneas en color muestran las especies que se esperaba encontrar con los diferentes estimadores en 14 días de muestreo dentro del AP.

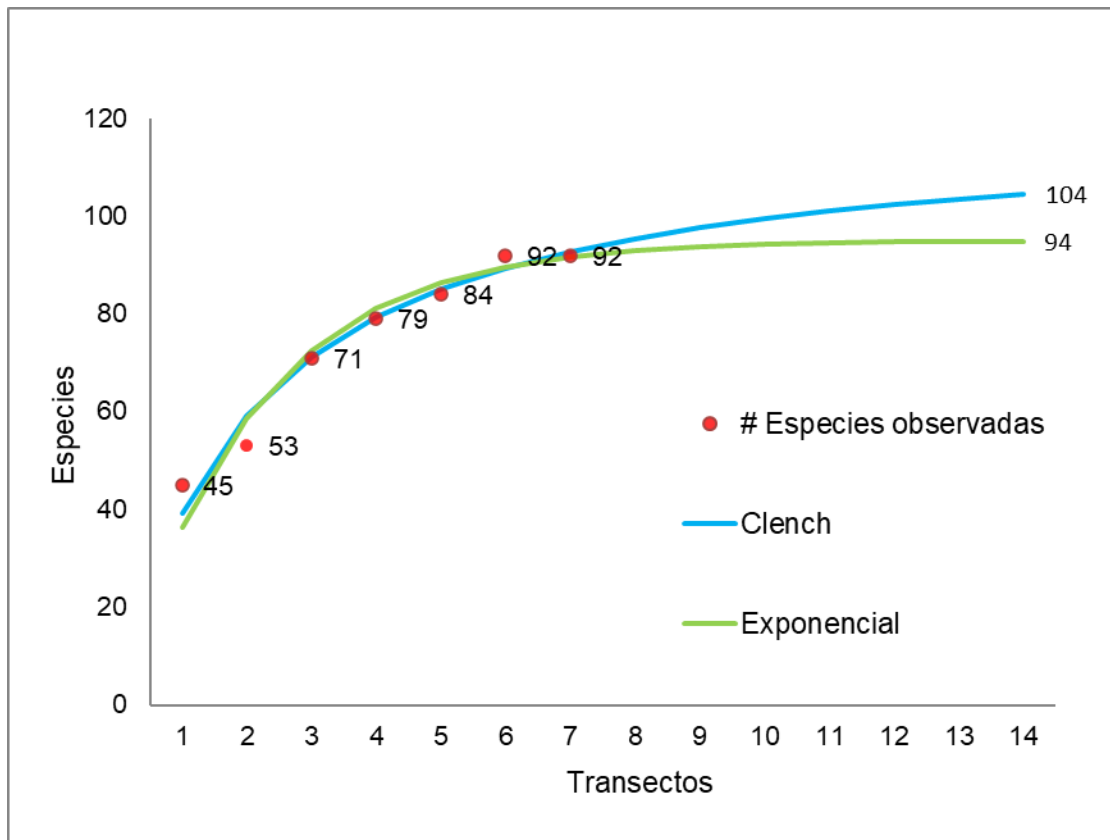


Figura V—49. Curva de acumulación de las especies de vertebrados registradas en el AP

## Abundancia

Respecto a la abundancia, se registró a un total de 519 individuos de vertebrados terrestres dentro del AP, de los cuales 21 fueron reptiles, 26 mamíferos y 472 individuos de aves, grupo que mostró mayor abundancia.

Las especies más abundantes por grupo fueron, en el caso de las aves: la Golondrina verdemar (*Tachycineta thalassina*) con 60 individuos, el Sastrecillo

(*Psaltriparus minimus*) con 32 individuos, el Zafiro orejas blancas (*Basilinna leucotis*) con 25 y el Reyzeuelo matraquita (*Corthylio calendula*) con 22 individuos.

Con relación a los mamíferos, la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) fue la más abundante con ocho ejemplares; le siguen el Tlacuache (*Didelphis virginiana*), el Cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y el Mapache (*Procyon lotor*), con cuatro ejemplares cada una. De las especies restantes, se registraron entre uno y dos individuos.

De reptiles, la especie más abundante en el AP fue la lagartija escamosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*) con 14 individuos, seguida de la Lagartija espinosa de collar (*Sceloporus torquatus*) con cinco individuos; las dos especies restantes presentaron un ejemplar cada una.

La siguiente figura muestra las abundancias totales para cada una de las clases de vertebrados registradas en el AP; la abundancia a nivel de cada especie se puede consultar en la Tabla V—32 de este mismo documento.

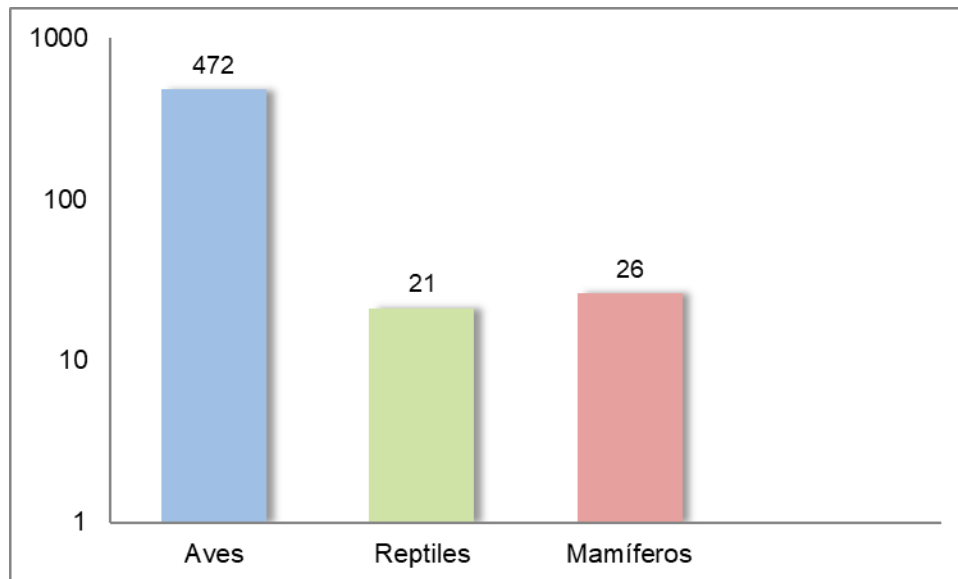


Figura V—50. Abundancia de vertebrados registrados en el AP. Gráfico en escala log. Base 10

## Conclusiones de la fauna silvestre registrada en el AP

De acuerdo con los resultados obtenidos, la riqueza registrada durante el muestreo realizado en el AP fue de 92 especies de vertebrados terrestres, agrupados de la siguiente manera:

Encontramos cuatro especies de reptiles que representan el 0.46% del total nacional (864 especies) de acuerdo con Flores-Villela *et al.* (2014) y el 2.87% del total del estado de Michoacán (139 especies) de acuerdo con Huacuz-Elías (2005).

Para mamíferos, se registraron 9 especies que corresponden al 1.59% del total nacional (564 especies) y al 5.59% de la mastofauna de Michoacán (161 especies), de acuerdo con el trabajo de Monterrubio *et al.* (2014).

Por último, las aves fueron el grupo con la mayor riqueza de especies; reportamos 79 especies que corresponden a un 6.86% del total nacional (1150 especies) y a un 14.44% del total de la avifauna registrada para Michoacán (547 especies), de acuerdo con la publicación de Villaseñor-Gómez (2005).

Durante el trabajo de campo se registraron cuatro especies que se encuentran enlistadas en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010; ninguna de ellas considerada en la categoría de En Peligro de Extinción (P).

Las aves resultaron ser el grupo con mayor número de especies vulnerables, ya que tres de las especies registradas se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; el Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) y el Clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*) enlistadas como especies Sujetas a Protección Especial (Pr) y el Chipe lores negros (*Geothlypis tolmiei*) como una especie Amenazada (A). Es importante señalar que, para el Chipe lores negros (*Geothlypis tolmiei*), la única población que se encuentra protegida legalmente es la que se distribuye como residente permanente en el Cerro Potosí, en Nuevo León, de tal manera que la subespecie que se distribuye en el AP corresponde a una subespecie distinta —

ampliamente distribuida en todo el territorio nacional durante la temporada de invierno— y, por consiguiente, no se encuentra protegida por la legislación nacional.

Después, encontramos al grupo de reptiles con una especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como Sujeta a Protección Especial (Pr): la lagartija escamosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*).

Es importante establecer que todas las especies de reptiles y mamíferos registradas son susceptibles de la implementación de actividades de rescate y reubicación, independientemente de que se encuentren o no protegidas por la legislación nacional. Por ello, como una medida incorporada a este proyecto desde su concepción inicial, se ha contemplado la implementación de un *Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre* previo a las actividades de desmonte y despalle del terreno, con lo cual se puede garantizar que las acciones contempladas en el presente documento técnico unificado en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, no ocasionarán una afectación directa a la fauna silvestre que pudiera encontrarse en las superficies de afectación por las obras y actividades del presente proyecto.

Del grupo de mamíferos registrados en este estudio, ninguna especie se encuentra enlistada en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.