



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**“DISEÑO DE MAPAS INTERACTIVOS DE LAS OBSERVACIONES FENOLÓGICAS Y
LOS ESTUDIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA
MARIPOSA MONARCA”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA

IVÁN EDUARDO ÁVILA PÉREZ

ASESOR

DR. JESUS ABRAHAM NAVARRO MORENO

Ciudad Universitaria, Cd Mx 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mis padres, quienes a lo largo de todos estos años han sabido dar ejemplo de paciencia, amor incondicional y confianza con la cual a pesar de todos mis tropiezos y desatinos me han ayudado a levantarme y continuar por este camino por ello les dedico especialmente a ustedes la culminación de este trabajo y carrera profesional.

A mis amigos por todo su apoyo, tiempo y lealtad brindada durante tantos años son fundamentales en mi desarrollo personal y por ende académico por el cual agradezco mucho el haberlos conocido y les comparto este logro con mucho cariño.

A mi tutor el Dr. Abraham Navarro quien ha sido un excelente y comprensible guía en esta etapa tan importante, sin dudar una persona con gran paciencia, profesionalismo a quien le agradezco de todo corazón y estimo por todo su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A la Dra. Leticia Gómez quien no solo agradezco el poder haber leído esta investigación y apoyado como sínodo para concluir esta etapa, también me acogió dentro de este proyecto y gracias al cual conocí nuevos lugares y personas que sin duda han hecho una experiencia que jamás voy a olvidar.

A mi sínodo, Mtra. Cecilia Gutiérrez, Mtra. Rocío Reyes y Dr. Enrique Propin les agradezco profundamente por su tiempo, conocimiento y profesionalismo dedicado para culminación de este trabajo de tesis, todas sus observaciones y consejos me fueron de gran ayuda para su terminación.

Agradezco mucho a mis colegas geógrafas y geógrafo; Yessica Sandoval, Jaqueline Mera, la Mtra. Rocío Reyes y el Lic. Juan Galván que de forma muy amable me brindaron parte de su investigación para poder desarrollar este trabajo.

Al proyecto PAPIIT IN226717 Consolidación de la Red Fenológica Comunitaria en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, en el cual el presente trabajo sustento su desarrollo.

“Conserva celosamente tu derecho a reflexionar, porque incluso el hecho de pensar erróneamente es mejor que no pensar en absoluto”

-Hipatia de Alejandría

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. La vertiente de la Cartografía Automatizada y la formulación de los mapas interactivos	5
1.1. Posiciones teórico-conceptuales de la Cartografía Automatizada.....	5
1.2. Conceptualización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)	8
1.3. Características de los Sistemas de Información Geográfica	10
1.3.1. Componentes.....	11
1.3.2. Tipos de datos	13
1.3.3. Entrada de los datos espaciales al SIG	15
1.3.4. Plataformas	19
1.4. Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en estudios ambientales ..	24
1.5. La perspectiva cartográfica de los mapas interactivos y sus plataformas	24
Capítulo 2. Caracterización geográfica de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	29
2.1. Contexto de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca dentro de las Áreas Naturales Protegidas.....	29
2.2. Caracterización físico-geográfica de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa	36
2.2.1. Geología	38
2.2.2. Geomorfología	40
2.2.3. Hidrografía	44
2.2.4. Clima.....	46
2.2.5. Edafología.....	48
2.2.6. Vegetación y uso del suelo	51
Capítulo 3. Diseño de los mapas interactivos acerca de las observaciones fenológicas y de los estudios de cambio climático en el área próxima de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	55
3.1. Estrategia metodológica.....	55
3.2. Información base y métodos cartográficos	57
3.2.1. Contexto de la investigación “Tendencias de temperatura en la Biosfera Mariposa Monarca y su área de influencia”	58
3.2.2. Contexto de la investigación “Escenarios de cambio climático en la Biosfera Mariposa Monarca”	60

3.2.3. Contexto de la investigación “Eventos extremos en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca”	62
3.2.4. Contexto de la investigación “Aplicación de un modelo de observación fenológica comunitaria para identificar tendencias del clima en el municipio de Zitácuaro, Michoacán”	62
3.2.5. Homogeneización de la información e ingreso a la plataforma Story Maps	63
3.3. Propuesta cartográfica	69
3.3.1. Simbolismo cartográfico	69
3.3.2. Adecuación de los campos de las tablas de atributos.....	83
3.3.3. Arreglo secuencial	83
Conclusiones	89
Bibliografía	93
Fuentes electrónicas	97
Anexo	101

Índice de tablas

Tabla 1.1. Principales sistemas de información geográfica vigentes.....	19
Tabla 1.2. Principales sistemas de información geográfica vigentes para la generación de mapas interactivos.....	26
Tabla 2.1. Clasificación geológica por superficie en la RBMM	38
Tabla 2.2. Clases de gradiente de la pendiente	42
Tabla 2.3. Clases de Gradiente de la pendiente en la RBMM.....	42
Tabla 2.4. Cuencas Hidrológicas por superficie en la RBMM.....	44
Tabla 2.5. Unidades climáticas por superficie en la RBMM.....	46
Tabla 2.6. Unidades edáficas por superficie en la RBMM	48
Tabla 2.7. Superficie de la vegetación y uso de suelo en la RBMM.....	53
Tabla 3.1. Simbolismo cartográfico del mapa general del área de estudio	70
Tabla 3.2. Simbolismo cartográfico del mapa de climas.....	71
Tabla 3.3. Simbolismo cartográfico de los mapas de tendencia de la temperatura.....	72
Tabla 3.4. Simbolismo cartográfico de los mapas de temperatura máxima actual y el escenario a 25 años	75
Tabla 3.5. Simbolismo cartográfico de los mapas de temperatura mínima actual y el escenario a 25 años	76
Tabla 3.6. Simbolismo cartográfico de los mapas de precipitación actual y de escenario a 25 años.....	77
Tabla 3.7. Simbolismo cartográfico del mapa de granizo	78
Tabla 3.8. Simbolismo cartográfico del mapa de tormentas.....	78
Tabla 3.9. Simbolismo cartográfico del mapa de sitios de observación fenológica	79
Tabla 3.10. Simbolismo cartográfico para los límites implicados en la RBMM aplicados en la cartografía temática	80
Tabla 3.11. Características de los campos de los archivos SHP para su representación en el story map	82

Índice de figuras

Figura 1.1. Mapa realizado para contar una historia humana	6
Figura 1.2. Evolución tecnológica de la cartografía.....	7
Figura 1.3. Ventajas e inconvenientes de la estructura vectorial y ráster.....	14
Figura 1.4. Captura y procesamiento para construir una base de datos ráster	16
Figura 1.5. Captura y procesamiento para construir una base de datos vectorial	17
Figura 1.6. Expresión en la conversión de datos vectorial a ráster	18
Figura 1.7. Expresión en la conversión de datos ráster a vectorial	18
Figura 1.8. Aplicaciones de los SIG en Estudios Ambientales	25
Figura 2.1. Zona núcleo y zona de amortiguamiento en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.....	35
Figura 2.2. Localización geográfica de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.....	37
Figura 2.3. Geología de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	39
Figura 2.4. Altimetría de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.....	41
Figura 2.5. Pendientes del terreno en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.....	43
Figura 2.6. Red hidrográfica en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.....	45
Figura 2.7. Unidades Climáticas de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	47
Figura 2.8. Unidades Edafológicas de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	49
Figura 2.9. Vegetación y uso de suelo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.	52
Figura 3.1. Insumos cartográficos otorgados por la investigación “Tendencias de temperatura en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia”	59
Figura 3.2. Insumos cartográficos otorgados por la investigación “Escenarios de cambio climático en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca” (escenario actual)	61
Figura 3.3. Insumos cartográficos otorgados por la investigación “Escenarios de cambio climático en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca” (escenario a 25 años)	61
Figura 3.4. Metodología de trabajo para la homogeneización de información cartográfica previa al ingreso a la plataforma Story Maps	64
Figura 3.5. Suavizado de polígono con base en el algoritmo Bézier en ArcGis	66
Figura 3.6. Tratamiento de la información recibida sin interpolación propuesta.	68
Figura 3.7. Colores de la simbología para las capas en Story Maps.....	74
Figura 3.8. Información de las capas en Story Maps.....	81
Figura 3.9. Plantillas disponibles en la plataforma Story Maps para la representación de información geográfica	86
Figura 3.10. Componentes de diseño considerados en la presentación de los mapas interactivos referentes al cambio climático y observaciones fenológicas en la RBMM.....	88

Introducción

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) se localiza en los estados de México y Michoacán, y es una de las áreas administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas; tiene una extensión total de 56,259 hectáreas (ha), de las cuales la zona núcleo abarca una superficie de 13,551 ha, y la zona de amortiguamiento 42,707 ha.

Esta reserva existe como tal a partir de 1986, con su decreto en el Diario Oficial de la Federación; es un área natural protegida dedicada a la preservación de la mariposa monarca y de las condiciones ambientales que hacen posible su vida. Es, quizás, la reserva más visitada; cada temporada llegan alrededor de 150,000 turistas, tanto nacionales como extranjeros, en donde se ofrece transporte, visitas guiadas y servicios en el santuario, como renta de caballos, bicicletas, venta de alimentos y artesanías, entre otros.

La importancia de la reserva es tal, que se han efectuado numerosos estudios para conocer la dinámica de cambio en la vegetación y uso de suelo; así también, se ha investigado la ocurrencia de eventos climáticos extremos y escenarios de cambio climático, dado el impacto que pueden tener en la conservación del hábitat de la mariposa monarca.

En la reserva existe un importante trabajo de organizaciones civiles que intervienen como mediadores entre las autoridades gubernamentales y las comunidades en la región; además, fungen como medios de difusión para poder generar conciencia sobre la importancia que tienen las tareas de preservación. Estas organizaciones tienen como objetivo sumar la colaboración de las comunidades cercanas para encontrar formas de desarrollo sustentable que ayuden a la conservación de la Reserva.

El colegio de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, en conjunto con la organización Alternare A.C., han realizado investigación en fenología, con la cual han llevado un registro de las observaciones a partir de abril del año 2013 en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Estas tareas están encaminadas estudiar la sucesión de fenómenos vitales en su relación con los fenómenos climáticos.

Sin embargo, los trabajos correspondientes a la representación cartográfica de las observaciones fenológicas y los estudios de cambio climático en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca se han constituido a partir de esfuerzos particulares y, actualmente, se

requiere de la unificación de dichos resultados, al tiempo de que se posibilite una mayor difusión; con ello, puede darse un mayor alcance de concientización sobre la importancia de la reserva; es por ello que el presente trabajo busca, a través de la exploración de soluciones cartográficas en una plataforma interactiva, contribuir al desarrollo de dicho objetivo.

Esta investigación aporta a la disciplina cartográfica por la visión novedosa que tiene en cuanto a las formas de transmitir el conocimiento, tanto por la perspectiva digital e interactiva, como por la búsqueda de la sencillez en la comunicación de resultados. Así, diversas ciencias exactas y sociales pueden ver un ejemplo de cómo la cartografía digital ayuda a comprender, de forma más fácil y práctica, los fenómenos espaciales, al tener un medio útil de divulgación de los resultados obtenidos.

En este sentido, el trabajo que se presenta es importante para la difusión de trabajos de investigación al público en general, y particularmente sensibilizados con la vida cotidiana y las problemáticas de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

De igual forma, el resultado será de utilidad tanto para las poblaciones que habitan las inmediaciones de la RBMM, así como para las organizaciones civiles y gubernamentales que trabajan en ella en busca de su preservación, para poder integrar una fuente de consulta sólida sobre las interacciones biológicas con el clima y promover acciones coherentes con la realidad reflejada en el análisis cartográfico.

La presente investigación se fundamenta en la hipótesis siguiente: *el diseño de mapas interactivos de las observaciones fenológicas y de los estudios de cambio climático en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca implica una importante inversión metodológico-cartográfica, debido a la heterogeneidad de expresiones cartográficas y la disparidad de elementos gráficos relacionados con la interpretación.*

El objetivo general consiste en *proponer el diseño de mapas interactivos de las observaciones fenológicas y los estudios de cambio climático en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*, y para ello se establecen los objetivos particulares siguientes:

- Exponer los fundamentos teórico-conceptuales de la Cartografía Automatizada y los Sistemas de Información Geográfica.

- Vincular a las plataformas interactivas como parte de la perspectiva de la Cartografía Automatizada.
- Analizar el papel de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca dentro de las Áreas Naturales Protegidas de México.
- Reconocer el área de estudio con base en sus condiciones físico-geográficas.
- Integrar la información referente a las observaciones fenológicas y los estudios de cambio climático en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.
- Proponer la representación cartográfica de las observaciones fenológicas y los estudios de cambio climático mediante mapas interactivos.

El primer capítulo desarrolla los posicionamientos teórico-conceptuales de la Cartografía Automatizada y su desarrollo en los Sistemas de Información Geográfica; en este punto, se analizan sus componentes, los tipos de datos, la entrada de datos espaciales, las aplicaciones científicas, empresariales y de negocios que hacen uso de estos sistemas y las plataformas existentes, enfatizando sobre aquellas que se han abocado a las propuestas cartográficas interactivas.

El segundo capítulo de esta investigación detalla el papel de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca como Área Natural Protegida, su historia dentro de ellas y la importancia natural que esta tiene para la región; además, se desarrollarán los aspecto físico-geográficos al detallar su geología, geomorfología, clima, hidrogeografía, edafología y su uso de suelo y vegetación para conocer, de forma general, todos los aspectos en la reserva y su área próxima.

El tercer capítulo se centra en el desarrollo del diseño cartográfico. En él se retoman trabajos realizados acerca de los estudios de cambio climáticos y las observaciones fenológicas en la reserva, para llevarlos, de forma homogeneizada, a la plataforma *Story Maps*, y generar en ella los mapas interactivos. Se analiza el simbolismo cartográfico y los métodos, en los cuales se respetarán criterios y formalidades en el ámbito profesional del cartógrafo.

Capítulo 1. La vertiente de la Cartografía Automatizada y la formulación de los mapas interactivos.

La cartografía ha acompañado al ser humano desde su origen dado que es una forma de comunicación. En este sentido, no se ha quedado estática y ha evolucionado a la par de las mejoras científicas, artísticas y técnicas.

El primer capítulo analiza el contexto del desarrollo de la cartografía y su evolución tecnológica, que ha pasado de los procesos manuales a los automatizados, en los cuales se ve implicada la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica; en este sentido, se compilan algunos conceptos clave de este entorno de trabajo y se brinda una recopilación actualizada de plataformas que procesan mapas digitales; en la parte final, se hace énfasis en diversos *software* que posibilitan el trabajo con mapas interactivos.

1.1. Posiciones teórico-conceptuales de la Cartografía Automatizada.

El ser humano, desde tiempos primitivos, ha creado formas de comunicación en busca de expresar y representar su entorno, lo cual lo llevó a desarrollar sonidos que terminaron en lenguajes; así también desarrolló dibujos que representaban objetos o lugares con los que interactuaban. De este modo, empiezan a tomar forma las bases del grafismo, el cual a través de mucho tiempo dio origen a la disciplina que hoy conocemos como Cartografía (Robinson, *et al.*, 1987).

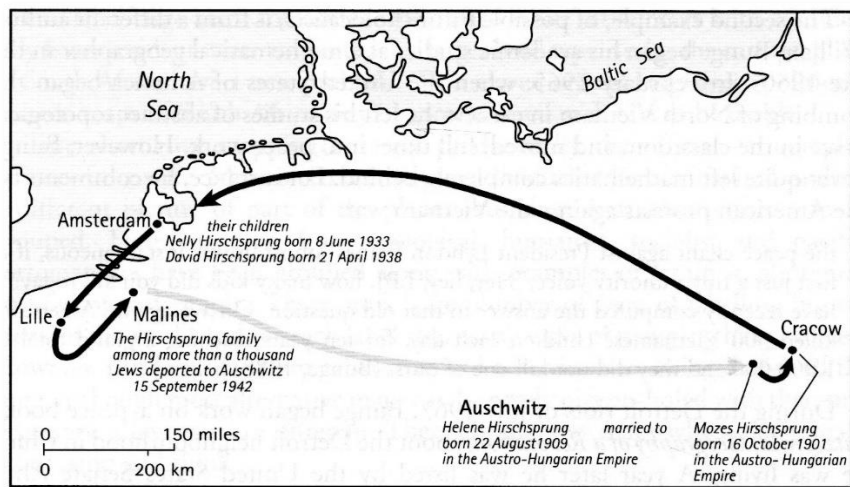
La cartografía nace como una necesidad del ser humano para poder representar su entorno tridimensional y buscar una mejor forma de organización del espacio. A la representación gráfica que busca expresar relaciones y formas del espacio se le conoce como mapa (Robinson, *et al.*, 1987). Así, la cartografía se dedica a la realización y estudio de los mapas en todos sus aspectos; esta incluye toda actividad en la que la representación y utilización de los mapas esté presente.

La realidad en la que habitamos es demasiado compleja y en ella son muchos fenómenos, tanto físicos como sociales, los que interactúan al mismo tiempo en un espacio. Por ello, la Cartografía adopta un conjunto de técnicas para enfocarse en representar los fenómenos de

principal interés a estudiar; un mapa funciona como registro, cálculo, exposición, análisis y mejora la comprensión de lo que ocurre en el espacio y mejora el conocimiento geográfico del usuario o persona que lo consulta. Estas características de los mapas han ido aumentando su eficacia gracias a las diversas tecnologías que se han desarrollado a través de la historia (Robinson, *et al.*, 1987).

La finalidad de los mapas es la comunicación; al igual en la escritura, pueden ser expositivos, narrativos, persuasivos o descriptivos; suelen acompañar a artículos de investigación para mejorar su interpretación y, de igual forma, pueden acompañar a una historia o en su caso contar una (Tyner, 2010). En este sentido, por ejemplo, la figura 1.1 muestra cómo un mapa por sí mismo puede relatar una historia describiendo lo que ocurre en el espacio a través del tiempo.

Figura 1.1. Mapa realizado para contar una historia humana.

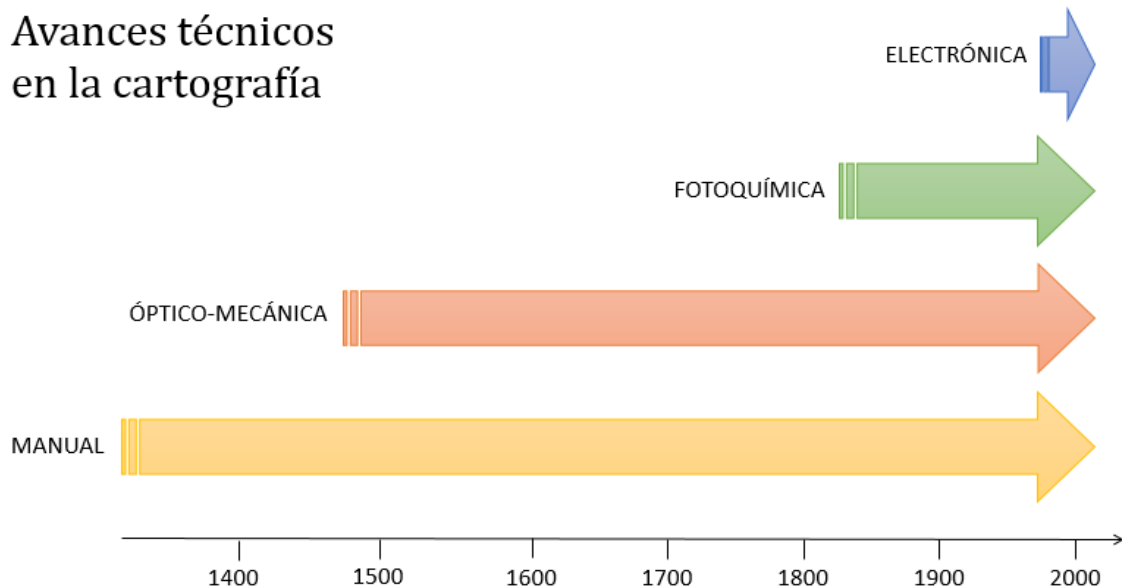


Fuente: Gilbert, 1982; en Dorling y Fairbairn, 1997

La Cartografía ha pasado por grandes revoluciones tecnológicas para llegar a donde se encuentra en la actualidad; tal desarrollo ha sofisticado la profesión del cartógrafo hasta volverse un profesional con alta especialización, pero este suceso no ocurrió súbitamente, y tampoco se dio la transformación de una generación a otra. Esta disciplina ha pasado por varias etapas, pero son cuatro las destacables que llegaron a revolucionar la forma de realizar mapas (figura 1.2).

La forma primordial, y más básica, fue la manual, que comprendió el periodo más largo de su historia; solo se disponía del uso de instrumentos como cepillos, plumillas o estenciles utilizados para trabajar sobre papel. La primera revolución para la cartografía ocurrió con la incorporación de la tecnología óptico-mecánica, la cual, con los principios de la óptica, utilizó lentes que mejoraban la percepción humana, aumentando el detalle de la imagen; por su parte, las mejoras mecánicas derivaron en la creación de planchas y diversas soluciones para reducir costes y tiempos en la elaboración de mapas. La segunda revolución llegó con la tecnología fotoquímica; la fotografía fue aplicada por primera vez a mediados del siglo XIX y con ayuda de la litografía se logró una reproducción en serie que se aplicó en los mapas. Finalmente, la tercera revolución llegó con la tecnología electrónica y la era de la computación, la cual dio origen a los mapas asistidos por computadora para realizar de forma casi automática todos los procesos que se plasmaban a mano anteriormente. Esta tecnología necesita de un *hardware* (equipo de cómputo) un *software* (el programa para la elaboración cartográfica) y datos los cuales sean compatibles con dicho *software* para la elaboración y edición cartográfica; esto redujo significativamente el tiempo de la creación de mapas y los costes haciendo a la cartografía más eficiente y certera (Robinson, *et al.*, 1987).

Figura 1.2. Evolución tecnológica de la cartografía.



Fuente: Robinson, *et al.*, 1987: 51.

En esta nueva revolución informática, la Cartografía Automatizada nació como una vertiente de la cartografía contemporánea de la cual rescata un conjunto de técnicas para el diseño y producción de mapas –escala, sistema de coordenadas, proyecciones, entre otros– (Franco y Valdez, 2003). Esta se define como un conjunto de instrumentos dedicados a la representación de información espacial, la cual permite una nueva forma de representar la realidad y su tratamiento en un ambiente computacional (Velasco, 2009); es de dicha vertiente que nacen los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta nueva era en la cartografía ofrece un panorama diferente; con ella también llegaron procesos nuevos de tratamiento de datos espaciales, lo que posibilitó una nueva forma de pensar la realidad. Los SIG, al tener un carácter multidisciplinario, brindan una excelente oportunidad a la geografía para ocupar un lugar reconocido en el contexto científico y permear a otras ciencias con conceptos meramente geográficos; de este modo, brindar una visión diferente a otros campos del conocimiento (Buzai, et al., 2016). Esto se hace posible porque el diseño de mapas, que permite elaborar y diseñar, son creados con aspectos nuevos que solo son posibles con su ayuda (Aguirre, et al., 1998), como se verá en el desarrollo de esta investigación.

1.2. Conceptualización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG pueden ser considerados un sistema computarizado, diseñado para la entrada, almacenamiento, representación, manejo y análisis de grandes volúmenes de datos referenciados espacialmente (López, 2005).

Obermeyer (1994) describe a los SIG como sistemas que manejan una base de datos georreferenciada para ser manipulados a interés del especialista. Otro punto de vista consiste en ver a los SIG como un sistema computarizado, diseñado para la entrada, almacenamiento, manejo y análisis de datos georreferenciados; estas características son las que diferencian a un SIG de cualquier otro *software* (Lorenzo, 2001). Los SIG constituyen una herramienta útil para la integración de datos espaciales e implementación de técnicas de análisis de estos en donde cualquier actividad relacionada con el espacio tiene cabida. Según Franco y Valdez (2003), pueden beneficiarse de sus herramientas y resultados gracias a las ventajas por las siguientes razones:

- Ahorra tiempo en procesos manuales ya que los procesos de entrada de datos geográficos se realizan de forma casi instantánea.
- Tiene la facilidad de manejar grandes volúmenes de información y almacenarlos en formatos compactos.
- Es muy versátil y flexible en las opciones de salida ya que puede generar diferentes productos a través del mismo sistema.
- Permite la generación y manejos de base de datos espaciales.
- Tiene facilidad para la actualización de datos, consultas y análisis con mayor velocidad y bajo costo.
- La información puede ser extraída y manipulada de forma simultánea.
- Es la forma más viable para mantener la cartografía actualizada.
- Es una forma eficiente para la organización de datos.
- Es una forma de economizar costos en la elaboración cartográfica, reduce tiempos y simplifica los procesos lo que conlleva un ahorro.
- Permite el manejo de herramientas y funciones que la cartografía convencional no permitiría como mediciones, sobre-posiciones, transformaciones etc.

Estos usos y ventajas que brindan los SIG traen consigo un conjunto de aplicaciones para resolución de problemas en diversas disciplinas o áreas del conocimiento de las cuales se pueden destacar las siguientes:

- Científicas: dentro de las ciencias como la biología, ecología y los estudios del medio ambiente el estudio de los fenómenos requiere una observación constante, en el cual la cartografía ofrece una diversidad de técnicas y modelos para realizar estudios que van desde la percepción remota hasta la distribución espacial de fenómenos bióticos y abióticos en el espacio geográfico.
- Gestión y Administración territorial: en este ámbito la cartografía desempeña un papel en la planificación, administración, ordenamiento y evaluación de recursos materiales y humanos que se manifiestan en el espacio.

- **Empresarial:** conocido como el *Geomarketing*, busca simplificar y mejorar la industria identificando rutas, estrategias de distribución, localización óptima de los bienes para un fácil acceso al mercado etc. Esto minimiza el gasto económico en las empresas y, a su vez, ayuda a abaratar los costes de los bienes y servicios.

De acuerdo con Peña (2006) para poder cubrir satisfactoriamente las tareas mencionadas los SIG deben cumplir las siguientes funciones:

-*Organización de datos:* Deben almacenar datos con el fin de sustituir una mapoteca física por una mapoteca digital lo cual conlleva un ahorro de espacio físico, evita deterioro de la información, propicia una rápida recuperación de los datos, y la posibilidad de producir copias sin pérdida de calidad.

-*Visualización de datos:* Da la posibilidad de sobreponer y seleccionar los niveles de información deseados sobre un mismo espacio, lo cual mejora la capacidad de análisis y precisión.

-*Producción de mapas:* Un SIG posee un gran catálogo de herramientas de procesamiento para la generación de mapas que entre otras cosas facilita la inserción de coordenadas geográficas, escala, leyenda, etc.

-*Consulta espacial:* El SIG brinda la ventaja de consultar de forma eficaz las propiedades de un objeto o las cualidades de un lugar que se desean buscar, lo cual la hace una herramienta poderosa para el usuario.

-*Análisis espacial:* Otorga la ventaja de utilizar técnicas de combinación entre los niveles de información o capas, las cuales generan resultados como tendencias, patrones etc.

-*Previsión:* Una ventaja es la verificación de escenarios con los cuales se pueden generar eventos al modificar los valores de los datos que se utilizan.

-*Creación de modelos:* Las capacidades sumadas ya mencionadas del SIG, brindan la oportunidad de generar modelaciones o aproximaciones a la realidad, para así poder proponer escenarios hipotéticos.

1.3. Características de los Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica, al ser una herramienta fundamentada en el uso de computadoras, necesitan del equipo, tecnología, personal capacitado y los datos necesarios

para ser procesados. A continuación, se presenta un análisis sobre las características y algunos ejemplos de los SIG.

1.3.1 Componentes

Un sistema de información geográfica necesita de componentes fundamentales para poder funcionar y cumplir con su propósito; ellos son:

Hardware: son ordenadores o estaciones de trabajo, equipo de digitalización o escáner para la entrada o salida de datos (Lorenzo, 2001). Un SIG funciona en distintos tipos de ordenadores; éstos requieren de un *hardware* específico para poder cumplir con las necesidades de cada aplicación. Es importante la capacidad del equipo de trabajo pues influye en la velocidad de procesamiento, facilidad de uso y el tipo de salida disponible (Peña, 2006).

Software: da tratamiento y gestión a la información geográfica. Debe asegurar la definición en las capas de información y sus características topológicas así como; facilitar la captura de datos, capacidad de datos alfanuméricos con carácter geográfico y las posibilidades de gestionar formatos ráster y vectoriales (Lorenzo, 2001). Los componentes principales del *software* son:

- Sistema de manejo de base de datos.
- Una interfaz gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas
- Herramientas para la captura y manejo de información geográfica
- Herramientas para el soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Estos componentes proporcionan las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar, mostrar y procesar la información geográfica, entre los procesos que más frecuentes se realizan en los SIG se encuentran (Geoinnova, 2019; ArcGIS, 2016; ArcGIS, 2018; ArcGIS, 2020):

- Zona de Influencia*. Herramienta básica para analizar distancias y proximidad de líneas, puntos y polígonos. En esta opción el usuario ingresa el radio con el

cual va a trabajar. Es utilizado en corredores biológicos, ejes carreteros y otras aplicaciones.

-*Recorte*. Se limita a extraer información de una capa en un área específica, de acuerdo con un “molde” o capa de recorte que corresponde al área de estudio.

-*Intersección*. Se cruzan dos o más capas generando una sola con las áreas comunes, tanto geoméricamente como a nivel de atributos.

-*Disolución*. Se fusionan figuras que comparten un mismo atributo, combinando elementos adyacentes de acuerdo con un campo de la tabla de atributos. Trabaja con polígonos y su función se potencia en elaboración de mapas temáticos con la finalidad de reducir categorías.

-*Fusión*. Combina dos o más archivos de entrada en un único archivo de salida; Esta herramienta permite condensar tablas o clases de entidad de punto, línea o polígono.

-*Unión*. Combina la geometría y los datos de todas las capas y la convierte en una sola capa.

-*Borrado*. Una capa le borra su área a otra por no ser necesaria para el análisis.

- *Derivación de geometrías* (puntos a líneas, líneas a polígonos, polígonos a líneas). Estas herramientas permiten generar líneas a través de una secuencia de puntos referenciados espacialmente, también pueden generar un polígono a través de líneas que forman una geometría cerrada y existe el proceso a inversa cuando un polígono se divide en “n” cantidad de líneas tomando como referencia sus vértices.

- *Unión espacial (join)*. Involucra los atributos de las filas entre las capas donde hay relaciones espaciales generando una nueva capa con los atributos de las capas de origen.

En cuanto a acciones de formato ráster, algunas de las que se pueden identificar como relevantes son:

- *Clasificación*. Clasifica un ráster que contiene valores numéricos para ser transformados en atributos cualitativos o en otros valores numéricos estadísticamente representativos.

- *Interpolación de datos*. Esta función permite la generación de un ráster con pixeles, a partir de datos puntuales y el empleo de algún algoritmo para la modelación del fenómeno.

- *Álgebra de mapas*. Es una función que permite la obtención de un archivo raster, a partir de la sintaxis de una operación lógica o matemática sobre otro archivo ráster de entrada.

Estos son ejemplos de procesos utilizados con frecuencia atendiendo las necesidades más comunes para las que se requiere el uso de un SIG pero lejos de ser las únicas estos cuentan con un gran abanico de procesos para los archivos vectoriales y raster. Los SIG, son programas que lo alimentan como los de administración de datos, estadísticos, proveedores de imágenes satelitales, entre otros.

Datos: los datos son necesarios para hacer que el resto de los componentes en un SIG cobren sentido (Olaya, 2014). Contar con datos confiables puede resolver los problemas y contestar preguntas de forma acertada. La disponibilidad y precisión de los datos pueden afectar a los resultados de cualquier análisis, por ende es necesario obtenerlos de fuentes confiables como instituciones que avalen la veracidad de la información.

Usuario: un sistema de información geográfica es sumamente limitado sin un especialista que sepa su correcto uso y manejo para desarrollar planes de implementación de este. Es el componente más importante ya que debe desarrollar los procedimientos y definir las tareas del SIG.

1.3.2 Tipos de datos

Para el desarrollo de un proyecto en un SIG es necesario adaptar la realidad compleja en forma simplificada y en elementos discretos o continuos. La base de un sistema de información geográfica es información espacial en formato digital que bien se puede representar mediante formato ráster o vectorial; es decir, por capas que representan objetos.

Estos datos de información geográfica presentan dos características básicas:

1. Su localización espacial.
2. El fenómeno o características, su clasificación, su valor, su nombre, etc.

Existe una tercera característica relevante que es la coordenada temporal (Franco y Valdés, 2003), la cual siempre está presente y refiere al momento temporal que se presenta el dato en el espacio geográfico, pero sólo en ocasiones se menciona explícitamente.

Los datos vectoriales y ráster corresponden a estructuras básicas de representación espacial presentes desde la creación de los SIG (Buzai *et al.*, 2016)

El modelo vectorial considera que la realidad está dividida en objetos discretos los cuales representa como puntos, líneas y polígonos a los que asigna propiedades cualitativas y cuantitativas (Peña, 2006). Estos están representados por coordenadas X y Y (Fitz, 2008) útil para representar elementos como carreteras, redes hidrográficas y fronteras políticas, entre otras.

El modelo ráster, por el contrario, ve a la realidad como un modelo basado en la variación continua y en el que las fronteras son la excepción; este se expresa en celdas o píxeles a las cuales se les asigna un valor para cada una de las variables consideradas (Peña, 2006). También son considerados datos alfanuméricos los cuales describen elementos espaciales o sectoriales del territorio mediante atributos numéricos o descriptivos (Lorenzo, 2001).

Ambos formatos de datos son útiles para la representación de fenómenos y rasgos del espacio geográfico pero cada uno tiene fortalezas y debilidades al expresar la realidad en un mapa dependiendo de que busca representar el cartógrafo (figura 1.3).

Figura 1.3. Ventajas e inconvenientes de la estructura vectorial y ráster.

ESTRUCTURA VECTORIAL	ESTRUCTURA RASTER
VENTAJAS	
<i>Buena presentación de los modelos de datos.</i>	<i>Estructura de datos simple.</i>
<i>Estructura de datos compacta.</i>	<i>Muchas formas de datos están disponibles tanto en instituciones gubernamentales como del sector privado.</i>
<i>La topología puede ser descrita explícitamente, por tanto, es favorable para un análisis de redes.</i>	<i>Muchos tipos de análisis espaciales y filtros pueden ser aplicados como análisis en 3D o interpolaciones.</i>
<i>La transformación sencilla de coordenadas (Georreferenciación).</i>	<i>Los modelos matemáticos son fáciles porque sus entidades espaciales tienen una forma simple y regular.</i>
<i>La representación gráfica es precisa a todas las escalas.</i>	

INCONVENIENTES

Los análisis espaciales con unidades básicas como polígonos son poco claros sin datos extra, porque estos se consideran internamente homogéneos.

Al utilizar píxeles de gran tamaño para reducir el tamaño de los ficheros, también se reduce la resolución, teniendo como resultado pérdida de información y estructuras poco definidas.

Gran volumen de datos (más espacio en disco duro).

Los mapas ráster en crudo son poco elegantes.

Las transformaciones de coordenadas son difíciles y en tiempo demoran mucho, aunque se utilice algoritmos especiales y hardware potente, incluso así puede resultar que pierda información o se distorsione.

Fuente: elaborado con base en Peña, 2006.

1.3.3. Entrada de los datos espaciales al SIG

Peña (2006) menciona que la creación e inserción de datos es una operación compleja que requieren captura, verificación y procesos de estructuración. Están disponibles en varias formas como analógicas o digitales, mapas, fotografías aéreas, imágenes satelitales y otros.

Olaya (2014) divide a los datos en primarios y secundarios siendo los primarios, en su forma original, generados y diseñados desde su creación para ser incorporados en un SIG por ejemplo, datos obtenidos a partir de un GPS o imágenes digitales. Los datos secundarios derivan de clásicos impresos o muestreo y levantamiento tradicional. Asimismo, Olaya menciona que la recolección de datos condiciona el uso que se puede dar dentro del SIG

Integrar de forma adecuada los datos disponibles es una tarea que requiere conocimiento detallado de los mismos y un buen criterio para establecer la mejor manera de combinarlos y elegir en cada caso cuál es la mejor opción. Como ya se mencionó, estos datos pueden venir en formatos vector o ráster los cuales tienen diversas formas de inserción en el SIG como se aprecia en la figura 1.4 y 1.5.

Figura 1.4. Captura y procesamiento para construir una base de datos ráster



Fuente: elaborado con base en Peña, 2006

Figura 1.5. Captura y procesamiento para construir una base de datos vectorial.

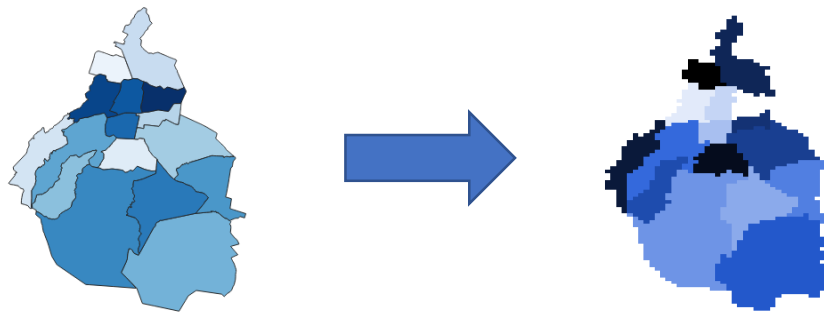


Fuente: elaborado con base en Peña, 2006

A partir del uso de los dos tipos de datos, dos conceptos especiales se derivan. Son los que implican la conversión de uno hacia el otro: la rasterización y la vectorización.

La rasterización consiste en un proceso por el cual se transforman datos vectoriales en una malla de píxeles o imagen tipo ráster que posee píxeles con valores numéricos (figura 1.6).

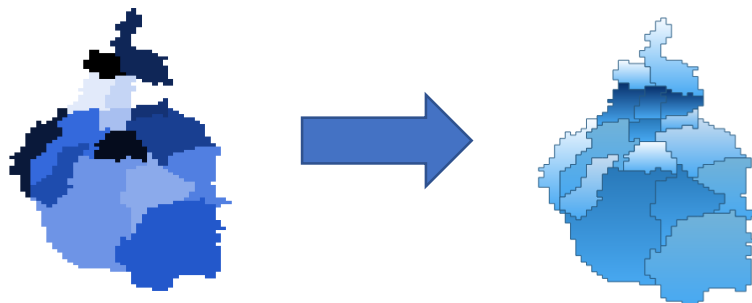
Figura 1.6. Expresión en la conversión de datos vectorial a ráster.



Fuente: elaborado con procesamiento de sistemas de información geográfica.

La vectorización es el proceso opuesto, en el cual la malla de píxeles originales se transforma en datos puntuales, lineales o de área –según se requiera– (figura 1.7), y que adquieren las características de modelación como discreto con una base de datos susceptible de ser llenada con atributos cualitativos y cuantitativos.

Figura 1.7. Expresión en la conversión de datos ráster a vectorial.



Fuente: elaborado con procesamiento de sistemas de información geográfica.


1.3.4 Plataformas

Se considera que las primeras plataformas se implementaron en la década de 1960 cuando se desarrolló el Sistema de información Geográfica Canadiense (CGIS, por sus siglas en inglés) y, a su vez, Gran Bretaña desarrolló la Unidad Experimental de Cartografía las cuales son consideradas las primeras plataformas de SIG (Díaz, 1992). Estos grandes proyectos mejoraron técnicas como la fotogrametría e imágenes satelitales para la elaboración de cartografía con mayor precisión. Con ello se comenzaron a utilizar ordenadores para las tareas de creación y edición de mapas con el objetivo de almacenar datos de recursos naturales, suelo y paisaje para la gestión, evaluación y planificación (Peña, 2006).

En la misma década, algunos investigadores utilizaron por primera vez equipos de cómputo para la producción cartográfica y estadística, creando los primeros paquetes como el GIMMS y el SYMAP; Estados Unidos e Inglaterra desarrollaron diferentes proyectos a cargo de instituciones gubernamentales y universidades para el desarrollo de sistemas de cartografía y estadística, los cuales funcionaron como precursores de los SIG (Franco y Valdés, 2003). Fue en el año 1982 que se desarrolló ARC/INFO por el Environmental Systems Research Institute (ESRI) en RED LANDS California (Díaz, 1992).

La evolución de los SIG se desarrolló de forma paralela a las nuevas tecnologías y métodos cartográficos; junto con ello, a la fecha, han surgido diversidad de plataformas que cumplen los requisitos de un SIG (tabla 1.1):

Tabla 1.1. Principales sistemas de información geográfica vigentes.

Características del <i>software</i>	Accesibilidad
 <p>Abaco DbMAP: es un conjunto de aplicaciones para diseñar, crear y publicar contenido geográfico, que se puede visualizar en 3D a través de la web; éste consta de 3 módulos distintos: DbMAP Builder, DbMAP 3D Server y DbMAP 3D Flyer y una aplicación extra DbMAP 3D CityVision para modelar edificios a escala urbana de una manera automatizada (<i>Abaco Group</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>

	<p>ArcGis: es un <i>software</i> con capacidad de recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Se conforma por distintas extensiones como ArcReader, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene y ArcGlobe y se distribuye bajo 3 niveles de licencia que son ArcView, ArcEditor y ArcInfo (<i>ArcGis</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>
	<p>CAPAWARE: se concibe como un sistema de representación 3D de terrenos con representación multicapa de recursos de diversa tipología como la comunicación, análisis, simulación, educación, navegación, gestión, etc. (<i>Capaware</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
<p>CARTALINX</p>	<p>CartaLinx: es utilizado para crear coberturas espaciales en formato vectorial y dar valores a los archivos que posteriormente son exportados a un SIG (<i>Cartalinx</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>
	<p>ERDAS: es un <i>software</i> de teledetección con herramientas para analizar imágenes de satélite, fotografías aéreas, drones, sensores LiDAR, datos radar etc. En él se pueden visualizar imágenes en 2D, 3D, creación de videos y composiciones de mapas (<i>ERDAS Imagine</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>
	<p>GE SmallWorld: este SIG es desarrollado por la empresa General Electric. Es utilizado para la planeación industrial utilizado en la planificación de distribución de energía eléctrica, gas y agua, redes de telecomunicaciones y evaluaciones de estrategias de mercado (<i>GE SmallWorld</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>

	<p>GeoMedia: es una plataforma de gestión SIG que permite analizar datos geográficos para la extracción de información. Es compatible con casi cualquier otro sistema de información geográfica como AutoCAD, ArcGis, etc. (<i>GeoMedia</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>
	<p>GeoPISTA: es un sistema de información territorial para la administración pública la cual brinda herramientas para planificación urbanística, catastro, padrón, actividades contaminantes, patrimonio, infraestructura, etc. (<i>GeoPISTA</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>Geoserver: es un <i>software</i> hecho para el intercambio de datos geográficos (<i>Geo Server</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>GRASS GIS: el <i>software</i> Sistema de Soporte de Análisis de Recursos Geográficos (GRASS por sus siglas en inglés) está diseñado para gestión y análisis de datos espaciales, procesamiento de imágenes, producción de gráficos y mapas; es miembro fundador de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (<i>GRASS GIS</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>IDRISI: es un <i>software</i> SIG con más de tres décadas en desarrollo que concentra ya más de 300 herramientas de análisis las cuales se orientan a trabajar el formato ráster pero también procesa datos vectoriales (<i>IDRISI Análisis GISTerrSet</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>

	<p>ILWIS: es un <i>software</i> SIG y de percepción remota para un procesamiento de imágenes, análisis espacial y mapeo digital, puede manipular datos tanto ráster como vectoriales, creación de mosaicos, procesamiento de imágenes, georreferenciación, incluso procesos hidrológicos entre otros (<i>ILWIS</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>Kosmo: es un SIG conformado por distintas extensiones como lo son Kosmos Server, Kosmo Desktop y Kosmos Movil, es capaz de procesar datos tanto vectoriales como raster con un amplio criterio de geoprocesamientos (<i>Kosmo</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>MapGuide Open Source: es una plataforma que permite manipular y desarrollar cartografía en la <i>web</i> el cual ofrece un visor interactivo y algunas herramientas de geoprocesamiento (<i>MapGuide</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>Mapinfo: “Es un sistema de información geográfica de escritorio basado en Microsoft Windows que ofrece análisis geográficos complejos como: zonificación, acceso a datos remotos, arrastrar objetos de mapa y soltarlos en aplicaciones, creación de mapas temáticos que revelen patrones en los datos. Útil para analistas de negocios, planificadores, funcionarios públicos y profesionales en ciencias de la tierra mejorarla toma de decisiones. Mapinfo Profesional tiene usos en muchas industrias principalmente el sector público, telecomunicaciones, finanzas y seguros, bancos y exploración mineral.” (<i>MapInfo</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>

 Maptitude <small>www.MappingSoftware.com</small>	<p>Maptitude: es un <i>software</i> SIG diseñado para análisis empresariales el cual se especializa en buscar patrones al introducir en el SIG valores y crea plantillas de cálculo funcionales para negocios, gestión y administración empresarial. Tiene la posibilidad de proveerse de datos de otros servidores como lo es incluso <i>Google Earth</i> (Maptitude).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>
	<p>Mira Mon: es un <i>software</i> de teledetección que analiza, consulta, edita capas ráster, vectoriales y es capaz de procesar geodatabases generadas en otros SIG como Arcgis con un catálogo de geoprocесamientos bastante robusto (<i>Mira Mon</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>
	<p>Open Jump: es un SIG con lenguaje de programación <i>java</i> el cual fue desarrollado y sostenido por voluntarios de diversas partes del mundo. Este SIG tiene la capacidad de leer y editar archivos <i>shapefile</i> (<i>Open Jump</i>).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>QGIS: es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) un SIG diseñado para un amplio número de <i>hardware</i> el cual soporta datos vectoriales, ráster y bases de datos (QGIS).</p>	<p><i>Libre</i></p>
	<p>TransCAD: es un SIG diseñado específicamente para profesionales del transporte para almacenar, mostrar, administrar y analizar datos de transporte, lo cual ayuda en la creación de redes y modelación de rutas y matrices (<i>TransCAD</i>).</p>	<p><i>Bajo licencia</i></p>

Fuente: elaborado con base en los software citados en la tabla. Año de consulta: 2019

1.4. Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en estudios ambientales

Dada la cercanía de los estudios ambientales con los mapas temáticos de este trabajo, es necesario ahondar en el vínculo del SIG con este tipo de estudios.

En principio, puede decirse que el ordenamiento y la planificación del territorio son aspectos que los gobiernos, planificadores y tomadores de decisiones deben tomar en cuenta cada vez con mayor y mejor visión, buscando alternativas con el desarrollo económico, social y ambiental.

Para ello, los SIG tienen diversas aplicaciones que ayudan en la delimitación de unidades territoriales y modelos de ordenación, identificación de problemáticas clave, variables fundamentales, determinación de ejes de desarrollo, fundamentos para el plan de ordenación y políticas, etc. (Conesa, 2005).

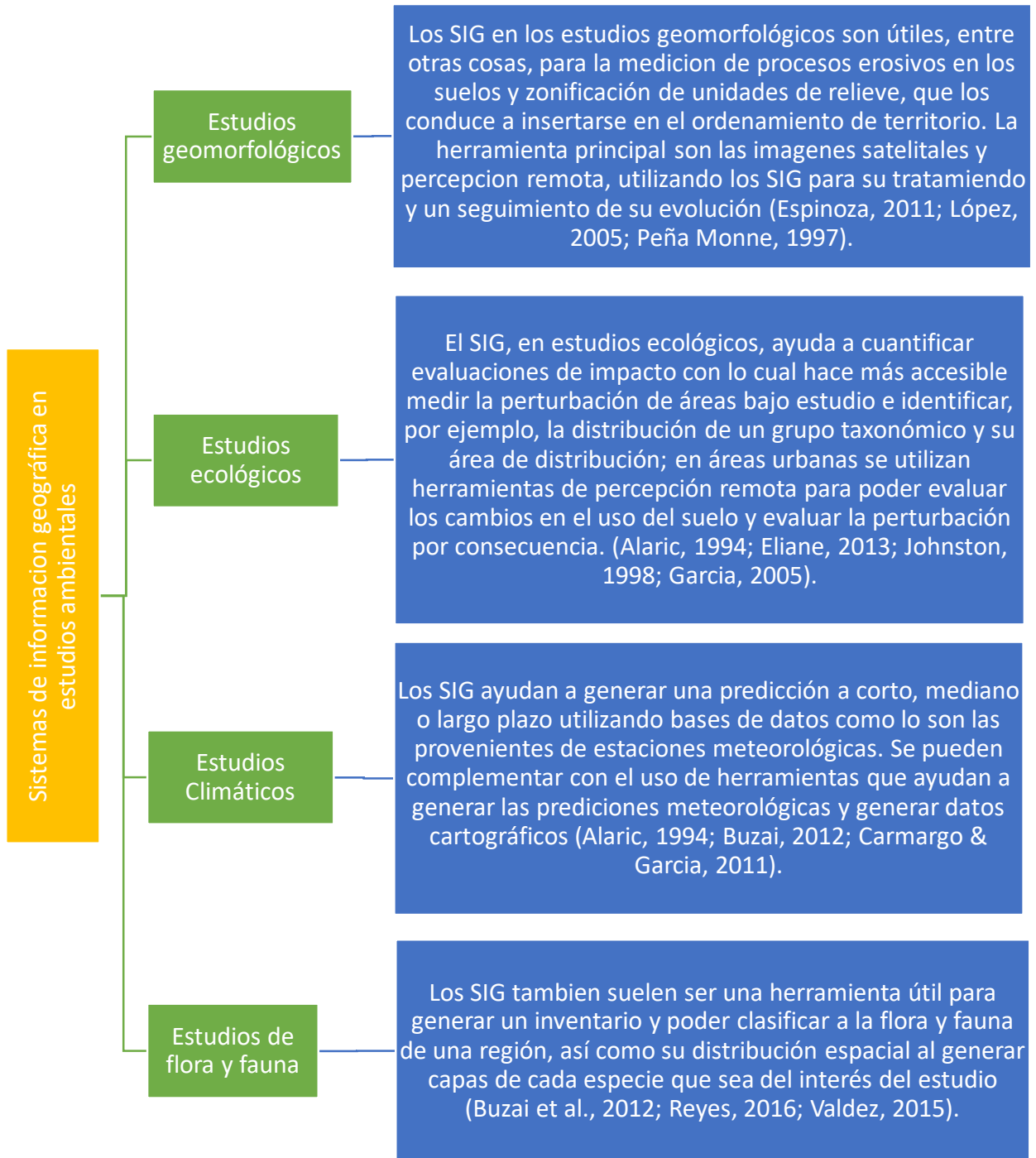
El papel de los SIG dentro de los estudios ambientales ha resultado útil para hacer inventarios de recursos naturales, ejecutar modelos hidrológicos, así como de erosión de la superficie terrestre, medir el impacto de las actividades propias internas y externas de la tierra sobre otros elementos físico-geográficos y los impactos humanos sobre la naturaleza (Conesa, 2005). Estos estudios involucran a muchas disciplinas científicas y especialistas, como lo son geógrafos, climatólogos, geomorfólogos, botánicos, zoólogos, ecólogos, sociólogos, economistas e incluso especialistas en leyes ambientales (López, 2005).

En términos generales, se pueden distinguir cuatro grandes grupos de especialidad físico-geográfica y ambiental que han visto robustecidas sus perspectivas al emplear de forma regular técnicas y procesos posibilitados por los SIG (figura 1.8).

1.5. La perspectiva cartográfica de los mapas interactivos y sus plataformas

Otero *et al.* (1995) describe la funcionalidad interactiva como la habilidad de poder modificar un programa en ejecución y poder recibir información del proceso al mismo tiempo. De esta forma, la interacción y animación en los mapas hace posible el “hacer mover” el mapa, cambiar las formas y los parámetros, orden y visualización del mapa, lo cual permite simular evoluciones o ampliar detalles esto permite al cartógrafo manejar una gran cantidad de opciones para modelar relaciones temporales, reconstruir ambientes pasados o simular procesos complejos (Aguirre *et al.*, 1998).

Figura 1.8. Aplicaciones de los SIG en Estudios Ambientales.



Fuente: elaborado sobre la base en los autores citados en la figura.

En las décadas pasadas se desarrolló una gran variedad de SIG; En la actualidad han surgiendo plataformas para la creación de mapas interactivos que se pueden encontrar en Internet entre los cuales (tabla 1.2).

Tabla 1.2. Principales sistemas de información geográfica vigentes para la generación mapas interactivos.

Características del <i>software o aplicación</i>	
	<p>Animaps: es una plataforma que usa y amplía la función de “Mis Mapas” de <i>Google Maps</i>, la cual permite la creación de marcadores con movimiento, imágenes y texto que pueden aparecer sobre el terreno con el tiempo, cuando se comparte la creación en Animaps se reproduce como video (Animaps).</p>
	<p>Carto: es una plataforma de georreferenciación que trabaja con archivos similares a los datos vectoriales para la creación de una cartografía interactiva (<i>Carto</i>).</p>
	<p>Mango: es una plataforma que permite la inserción de puntos, líneas y polígonos y genera geoprocetos más complicados como la densidad territorial. Admite archivos shapefile; todo en un producto de un mapa interactivo (<i>Mango</i>).</p>
	<p>Maphub: es una plataforma de mapas interactivos que trabaja con puntos, líneas, polígonos y etiquetas las cuales se colocan sobre mapas base y es capaz de procesar archivos KML, GPX o GeoJSON (<i>Maphub</i>).</p>
	<p>Mapme: es una plataforma que permite crear historias con mapas usando fotos, videos, audios y etiquetas en 3D (<i>Mapme</i>)</p>

My Maps by Google



My Maps: es una plataforma que usa la base de Google Maps en la cual se pueden insertar archivos KML o KMZ. Tiene como limitante no reconocer archivos de más de 5 MB (*My Maps*).

Story Map


Story Maps: los Story Maps de ESRI permiten combinar mapas acreditados con texto narrativo, imágenes y contenido multimedia. Facilitan el aprovechamiento de los mapas y la geografía para contar su historia (*Story Maps*).

Fuente: elaborado con base en los software citados en la tabla. Año de consulta: 2019

Estos son algunos ejemplos de plataformas para la creación de mapas interactivos. En general trabajan con puntos líneas y polígonos y son de libre acceso, aunque en algunos casos presentan herramientas especializadas que requieren el uso de licencia.

Capítulo 2. Caracterización geográfica de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca

El segundo capítulo de la presente investigación desarrolla un análisis del contexto del área de estudio desde el marco normativo, que establece los objetivos y características que debe tener la Reserva de la Biosfera según la LGEEPA y su importancia individual, que la hace una de las áreas naturales protegidas más importantes del mundo. Una segunda parte de este capítulo contiene una breve descripción del posicionamiento geográfico de la zona de estudio y sus accesos vía terrestre, para continuar con la caracterización de los procesos del medio natural que se manifiestan en el área de estudio (RBMM). Dentro de éstos, se analizan las características geológicas, geomorfológicas, hidro-geográficas, climatológicas, edafológicas, y las relativas al uso de suelo y la vegetación. Este análisis brinda el insumo explicativo de los procesos climáticos y fenológicos representados a través de la cartografía interactiva que se manifiesta en el capítulo 3.

2.1. Contexto de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca dentro de las Áreas / Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son zonas del territorio nacional en donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción para mantener los ambientes originales de la alteración humana o que requieran preservación o restauración. Se crean por un decreto presidencial y su administración queda establecida de acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Medio Ambiente, el cual menciona las formas de protección, conservación, restauración y desarrollo según la categoría dada (LGEEPA, 2015: 2). Actualmente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra 182 áreas naturales que representan más de 90 millones de hectáreas de las cuales casi 22 millones son terrestres que representan el 11.14% de la superficie terrestre nacional (CONANP, 2019).

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (2018: 32-33), en su título segundo “BIODIVERSIDAD”, capítulo 1 “ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS”, sección 1 “DISPOSICIONES GENERALES”, artículo 45, establece que los objetivos de las ANP son:

I.- “Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.

II.- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial.

III.- Asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos, y sus funciones.

IV. Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.

V.- Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional.

VI. Proteger poblados, vías de comunicación, instalaciones industriales y aprovechamientos agrícolas, mediante zonas forestales en montañas donde se originen torrentes; el ciclo hidrológico en cuencas, así como las demás que tiendan a la protección de elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área.

VII.- Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas, y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacionales y de los pueblos indígenas”.

Esta misma Ley, en su artículo 47 bis, establece que, para el cumplimiento de los objetivos establecidos en las ANP, se realizará una división (zonas núcleo y de amortiguamiento) y subdivisiones que permitan identificar y delimitar las posiciones del territorio que la conforman.

1 – “Las zonas núcleo tienen como objetivo la preservación de ecosistemas y su funcionalidad a mediano y largo plazo. En ellas se realizarán actividades de preservación para cuidar el ecosistema y sus elementos. Dentro de las ANP se permitirán la investigación y colecta científica, educación ambiental y se limitarán o prohibirán las actividades que alteren los ecosistemas” (LGEEPA, 2018). Ahí se advierte que, en esta zona, existen dos subdivisiones:

- a) De protección: se les da a zonas que han sufrido poca alteración, ecosistemas relevantes o frágiles, hábitats críticos y fenómenos naturales que requieran un cuidado especial; en ellas solo se permite realizar monitoreo e investigación científica sin la extracción ni traslado de especies o modificaciones en el hábitat.
- b) De uso restringido: son superficies en buen estado de conservación donde se busca mantener las condiciones actuales de los ecosistemas y mejorarlas si lo requieren. En esta zona se pueden realizar actividades de aprovechamiento que no alteren el ecosistema y que estén sujetas a medidas de control estrictas. Se permite la investigación científica no invasiva, el monitoreo del ambiente, actividades de educación ambiental y turismo de bajo impacto. La construcción de instalaciones de apoyo es exclusiva para investigación científica y monitoreo.

2 - La zona de amortiguamiento, por su parte, tiene como principal función orientar a que las actividades realizadas ahí conduzcan al desarrollo sustentable creando condiciones de conservación de los ecosistemas a largo plazo y en ella se pueden generar las siguientes subzonas (LGEEPA, 2015: 35-37):

- a) De preservación: son superficies con ecosistemas relevantes o frágiles donde las actividades requieren un manejo específico para una adecuada preservación; permiten la investigación científica, monitoreo, actividades de educación ambiental y productivas de bajo impacto sin implicar modificaciones, estas pueden ser promovidas por las comunidades locales o participar en ellas sujeto a supervisión constante de posibles impactos negativos

- b) De uso tradicional: en ella los recursos naturales se utilizan de forma tradicional sin ocasionar alteraciones significativas en su ecosistema. Estas están relacionadas a las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del ANP; en ella se prohíben actividades que amenacen o perturben la estructura natural y de los ecosistemas, permite la investigación científica, actividades de educación ambiental, turismo de bajo impacto, pesca de bajo impacto e infraestructura de apoyo enfocado a la sustentabilidad.

- c) De aprovechamiento sustentable de los recursos naturales: son superficies donde los recursos pueden ser aprovechados bajo esquemas de sustentabilidad que garanticen su reproducción controlada, mantenga o incremente a las especies aprovechadas y su hábitat.

- d) De aprovechamiento sustentable de los ecosistemas: son superficies de uso agrícola, pesquero y pecuario donde se permite su explotación siempre y cuando sean compatibles con las acciones de conservación del área y contribuya al control de erosión y degradación del suelo.

- e) Aprovechamiento especial: son superficies de extensión reducida con recursos esenciales para el desarrollo social donde se permite su explotación sin deteriorar el ecosistema, modificar el paisaje de forma sustancial ni causar impactos ambientales.

- f) Uso público: son superficies dedicadas a la recreación y esparcimiento para los visitantes con los límites determinados por su capacidad de carga; en ella puede haber instalaciones de apoyo al turismo, investigación, monitoreo y de educación ambiental orientados a los propósitos de la ANP.
- g) De asentamientos humanos: son superficies con modificaciones sustanciales o desaparición de los ecosistemas originales, debido al desarrollo de los asentamientos previos a la declaratoria de la ANP.
- h) De recuperación: son superficies en donde los recursos naturales fueron severamente alterados o modificados y serán sujetos a programas de recuperación y rehabilitación, por ello se prohibirán las actividades que llevaron a esa alteración.

Seguendo el artículo 47 bis de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, también establece que un ANP puede establecer una o más zonas núcleo y áreas de amortiguamiento, las cuales se determinarán de acuerdo con la categoría de manejo que se les asigne. En su artículo 48 describe el papel de las “Reservas de la Biosfera” como ANP y las describe como áreas biogeográficas relevantes no alteradas significativamente por acción humana o que requieren preservación o restauración en los que habitan especies representativas de la biodiversidad nacional incluyendo especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Este es el caso que se aplica para la protección de la mariposa monarca mediante el decreto del ANP objeto de estudio de esta investigación.

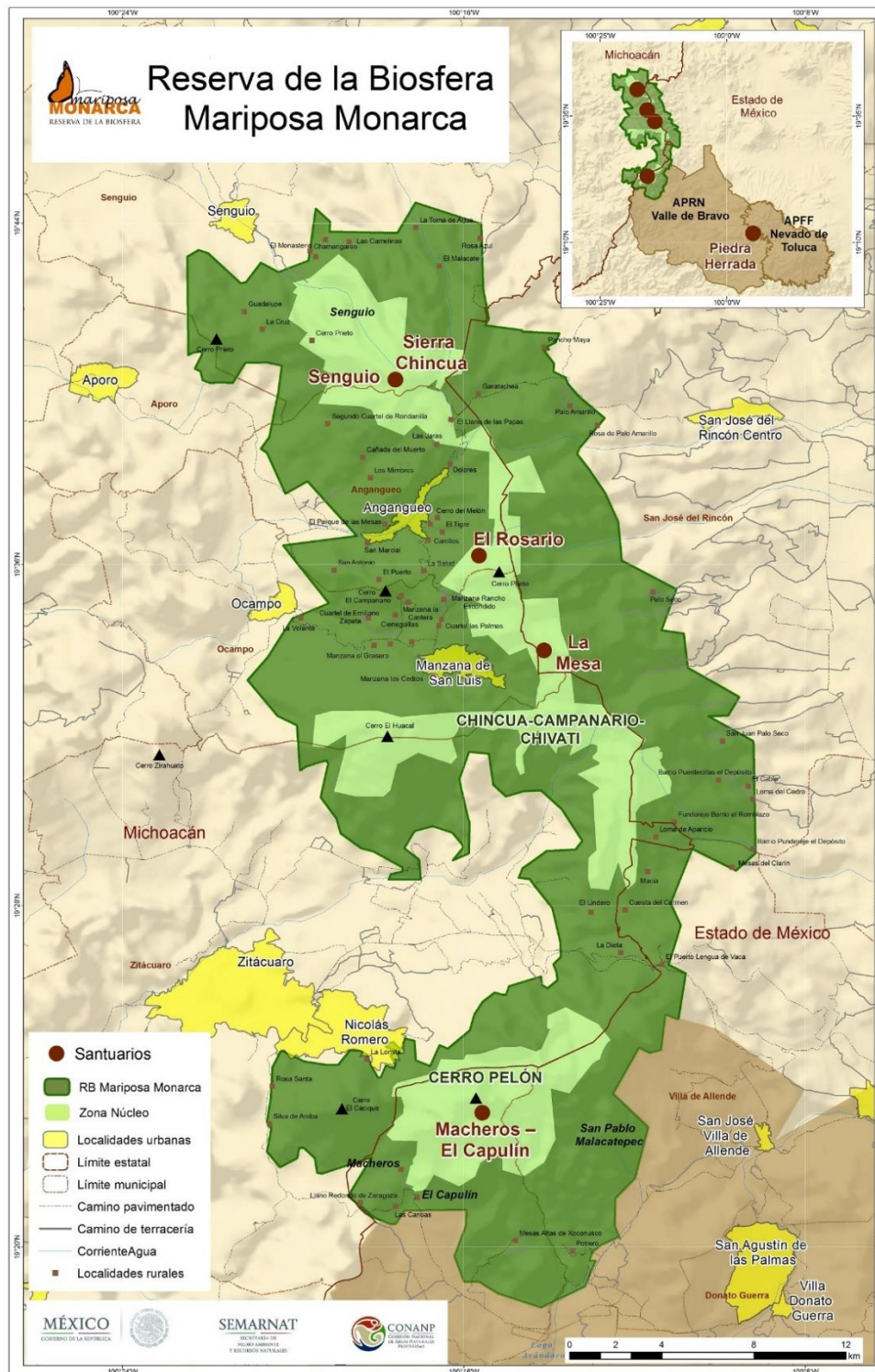
La importancia del establecimiento de esta área radica en la protección a la mariposa monarca de América del Norte, especie conformada por múltiples individuos que llegan a volar más de 2,500 kilómetros para llegar a su destino en invierno; esto las hace únicas en su género, ya que sus parientes de otras regiones del mundo no se comportan igual. Por ejemplo, en Australia, algunas exhiben un movimiento estacional trasladándose en otoño e invierno desde zonas tierra adentro a las costas; mientras que algunas especies de Hawái y América del Sur no migran. Así, la característica migratoria a nivel macroregional hace que

la población de América del Norte sea de gran interés para la comunidad científica y se sumen esfuerzos en los tres países norteamericanos para su cuidado y preservación (CCA, 2008).

La RBMM es una de las áreas administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Tiene una extensión total de 56,259 hectáreas (ha), de las cuales la zona núcleo abarca una superficie de 13,551 ha, y la zona de amortiguamiento 42,707 ha (figura 2.1).

El 10 de noviembre del año 2000 se le dio la categoría de reserva de la biosfera, mediante su decreto en el Diario Oficial de la Federación mismo año en que la CONANP creó el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (PMRBMM). Es un área natural protegida en cuya superficie se consideraron cinco santuarios: Cerro Altamirano, Sierra Chincua, Sierra El Campanario, Cerros Chivatí-Huacal y Cerro Pelón. Cada una de las cinco superficies denominadas santuarios o polígonos, se subdividieron en zonas núcleo y zonas de amortiguamiento dedicadas a la preservación de la mariposa monarca y de las condiciones ambientales que hacen posible su vida. La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca es la más visitada, ya que cada temporada llegan alrededor de 150,000 turistas, tanto nacionales como extranjeros, en donde se ofrece transporte, visitas guiadas y servicios en el santuario, como renta de caballos, bicicletas, venta de alimentos y artesanías, entre otros servicios y productos (RBMM, s/f).

Figura 2.1. Zona núcleo y zona de amortiguamiento en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: CONANP, 2018

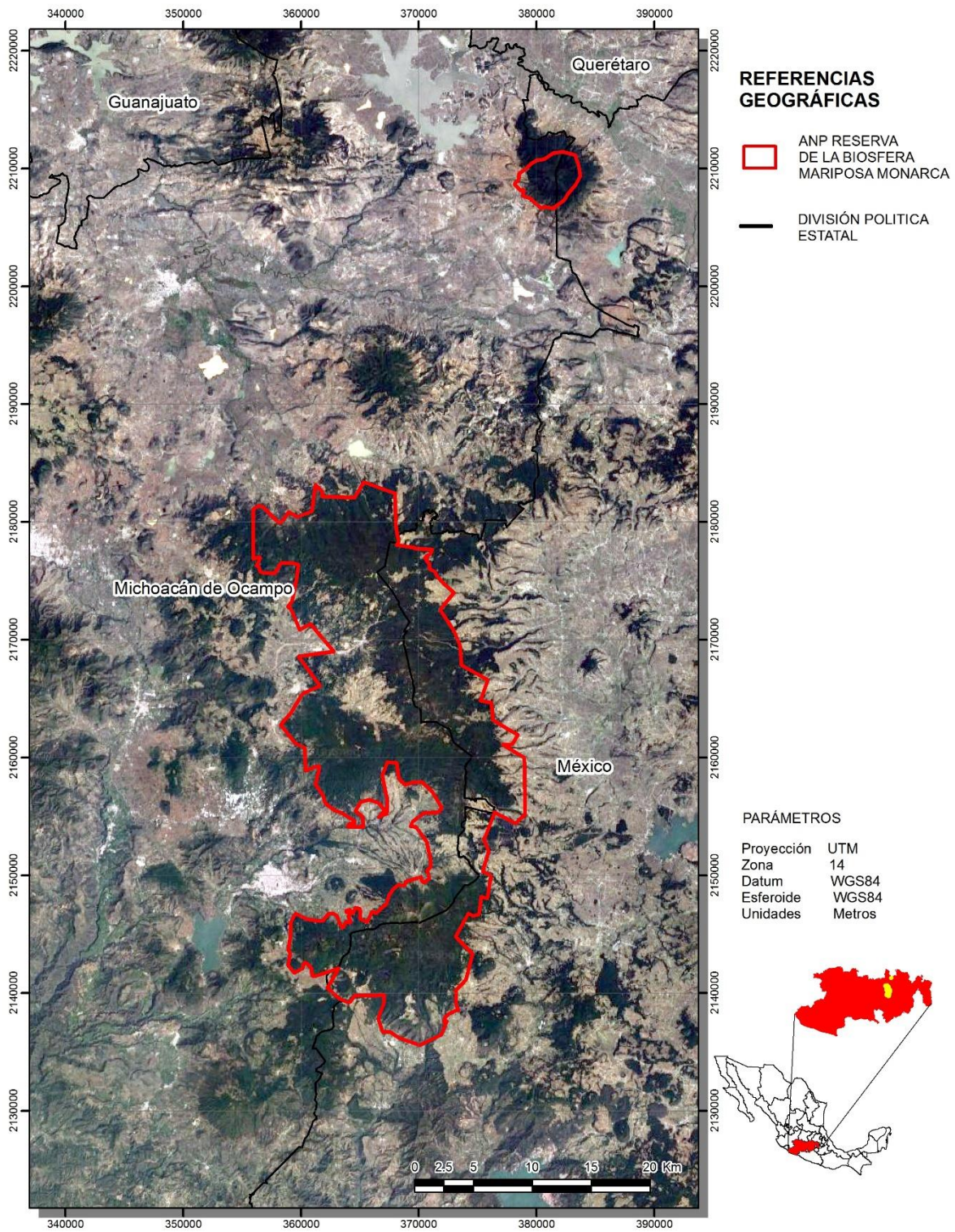
2.2. Caracterización físico-geográfica de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) se localiza entre los 19°44'28" N, 100°17'07" O y los 19°18'76" N, 100°14'11" O (CONANP, 2001), en dos áreas situadas en la parte septentrional del límite político-administrativo entre los estados de México y Michoacán (figura 2.2). Abarca parte de un área templada de los municipios michoacanos de Contepec, Senguio, Angangueo, Aporo, Ocampo y Zitácuaro, y los municipios mexiquenses de Temascalcingo, San José del Rincón, Villa de Allende y Donato Guerra (CONANP, 2020).

La riqueza de esta área natural protegida radica en sus bosques de oyamel, pino, encino y cedro, además de que cuenta con una singular relevancia faunística, teniendo registradas 198 especies de vertebrados, 132 aves y 56 mamíferos (CONANP, 2001).

El acceso vía terrestre a la Reserva se puede analizar con base en el arribo a los dos polígonos que la conforman. Al santuario Cerro Pelón se accede por la carretera México-Toluca-Zitácuaro, o bien por la autopista México-Morelia-Guadalajara, que, en el entronque con Maravatío, direcciona hacia Ciudad Hidalgo. Al santuario de Altamirano se llega por la autopista México-Morelia-Guadalajara y se toma la desviación hacia Contepec. La mayor parte de los poblados están fuera del área natural protegida; no obstante, muy cercanos a ella están: Tlalpujahuá, el Oro, Maravatío, Senguio, Áporo, Ocampo, Zitácuaro y sólo Angangueo se encuentra dentro de la Reserva (CONANP, 2001).

Figura 2.2. Localización geográfica de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: Imagen Satelital extraída de SAS Planet con Satélite Google; CONANP, 2019; INEGI, 2018.

2.2.1. Geología

En este apartado se analizan las características territoriales referentes a la composición e historia geológica en la RBMM.

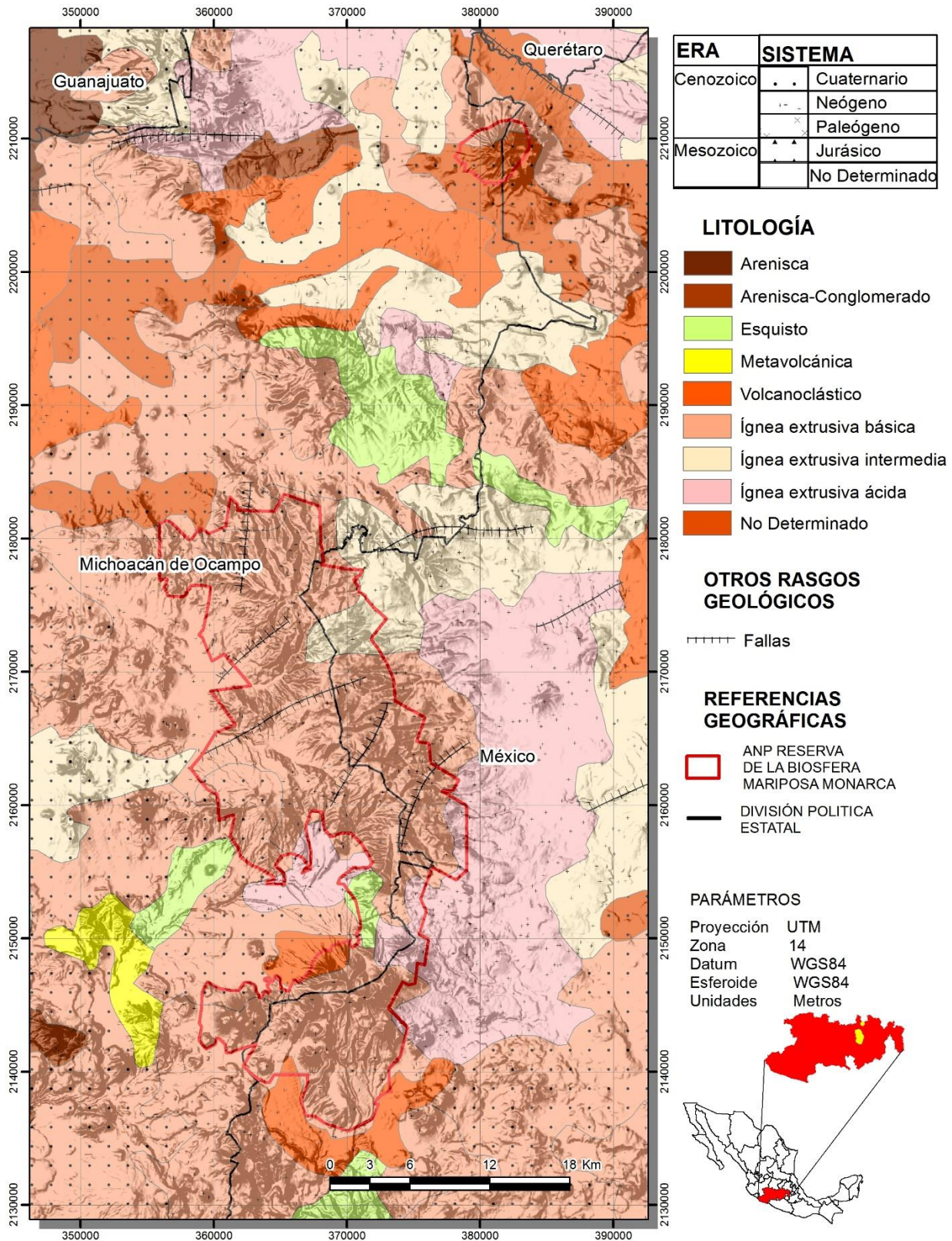
En general, el área de la RBMM se originó por abundantes erupciones volcánicas que se formaron por fisuras, fallas y chimeneas. Estos productos basálticos cubrieron el relieve formando conos, derrames lávicos, lahares, depósitos de brechas volcánicas y cenizas, las cuales dieron origen a axalapascos (conos de exposición freático-magmática cuyo fondo está ocupado por un lago) y cuencas endorreicas. El relieve está constituido por rocas volcánicas del Terciario o Neógeno que cubren secuencias metamórficas y sedimentos del Mesozoico (tabla 2.1). En la porción norte del área natural protegida se encuentran rocas ígneas extrusivas intermedias mezcladas con fragmentos andesíticos formando capas originarias del Terciario o Neógeno con fracturamientos en dirección este-oeste y una falla normal, en el mismo sentido, ubicada al extremo sur del Cerro Altamirano (CONANP, 2001; figura 2.3).

Tabla 2.1. Clasificación geológica por superficie en la RBMM.

Era	Sistema	Clase	Tipo	Superficie (Ha.)
Cenozoico	Cuaternario	Ígnea Extrusiva	Ígnea Extrusiva Básica	4,951.73
		No Determinado	No Determinado	1,309.76
	Neógeno o Terciario	Ígnea Extrusiva	Ígnea Extrusiva Ácida	2,828.52
			Ígnea Extrusiva Básica	43,372.36
			Ígnea Extrusiva Intermedia	1,851.08
			Volcano-clástico	755.86
Mesozoico	N/D	Metamórfica	Esquisto	861.74
Total				55,931.06

Fuente: elaborado con base en INEGI, 1977-1989 y procesamiento en sistemas de información geográfica.

Figura 2.3 Geología de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: elaborado con base en conjunto de datos geológicos vectoriales escala 1:250,000 INEGI, 1977-1989.

2.2.2. Geomorfología

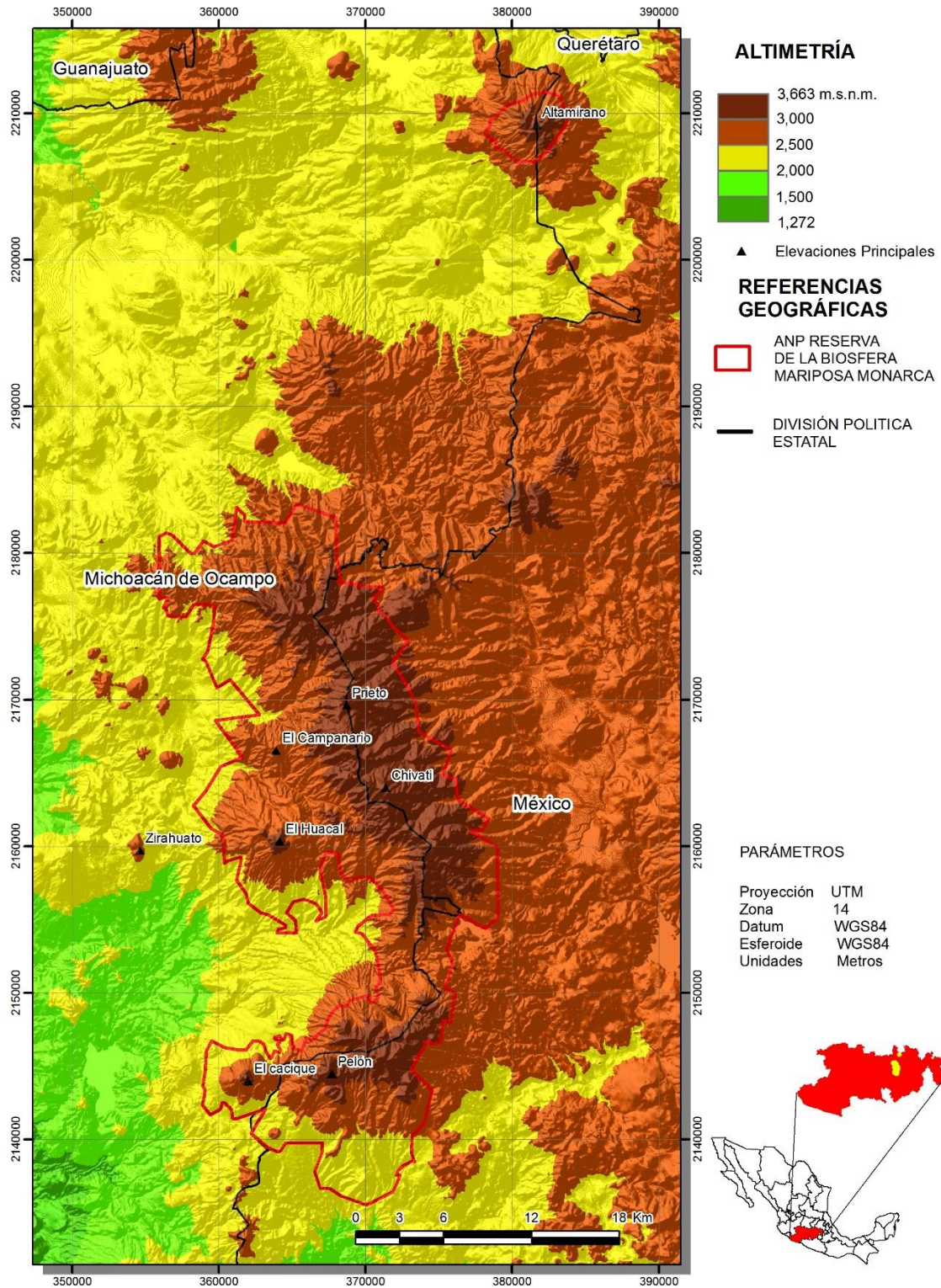
En los párrafos subsecuentes se analizan las formas de la superficie terrestre en función de sus características estructurales, desarrollo y dinámica actual como lo define Lugo (2011).

La RBMM se encuentra ubicada en el centro occidente mexicano dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal. Se caracteriza por la formación de estructuras volcánicas lo que la hace una región con una fuerte actividad eruptiva, presenta un sistema montañoso discontinuo, intensamente disectado por procesos tectónicos lo que da como resultado un conjunto de sierras y lomeríos, separadas por valles, y llanuras (CONANP, 2001). Esta provincia forma una ancha faja de 130 km, alcanzando los 880 km de longitud sus picos más altos alcanzan alturas de más de 5 mil metros de altitud, como es el caso del Iztaccíhuatl y el Popocatepetl. En lo concerniente a la RBMM, sus elevaciones más significativas corresponden al Cerro Altamirano (3 320 msnm) en la parte más septentrional, el Cerro Campanario, (3 640), Huacal (3 200) y Chivatí (3 180) en el corredor Sierra Chincua-Campanario-Chivatí. En la porción sur destacan, Cerro Pelón (3 500) y el Cacique (3 300) (INEGI 1995-1997).

La región presenta dos procesos por los cuales se originó el relieve actual: el primero, un sistema de fracturas y fallas, y el segundo, la actividad volcánica. A consecuencia de ello en la actualidad el relieve de la RBMM está compuesto por tres unidades geomorfológicas: al norte, el aparato volcánico Cerro Altamirano; al centro el subsistema montañoso Sierra Chincua-Sierra el Campanario-Cerros Chivatí Huacal; y los aparatos volcánicos de los Cerros Pelón y Cacique al sur del área (CONANP, 2001; figura 2.4).

Siguiendo el estudio geomorfológico del área, puede derivarse el análisis de las pendientes. En el relieve de la RBMM predomina una pendiente moderadamente escarpada –siguiendo los conceptos de FAO, 2008– la cual ocupa un 44% del área en la reserva, seguida de la pendiente escarpada, que ocupa un 24% del área (tabla 2.3; figura 2.5).

Figura 2.4. Altimetría de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: elaborado con base en INEGI, 1995-1997.

Tabla 2.2. Clases de gradiente de la pendiente.

Clase	Descripción	Superficie (%)
1	<i>Plano</i>	0 - 0.2
2	Nivel	0.2 - 0.5
3	Cercano al nivel	0.5 - 1
4	Muy ligeramente inclinado	1 - 2
5	ligeramente inclinado	2 - 5
6	Inclinado	5 - 10
7	Fuertemente inclinado	10 - 15
8	Moderadamente escarpado	15 - 30
9	Escarpado	30 - 60
10	Muy escarpado	< 60

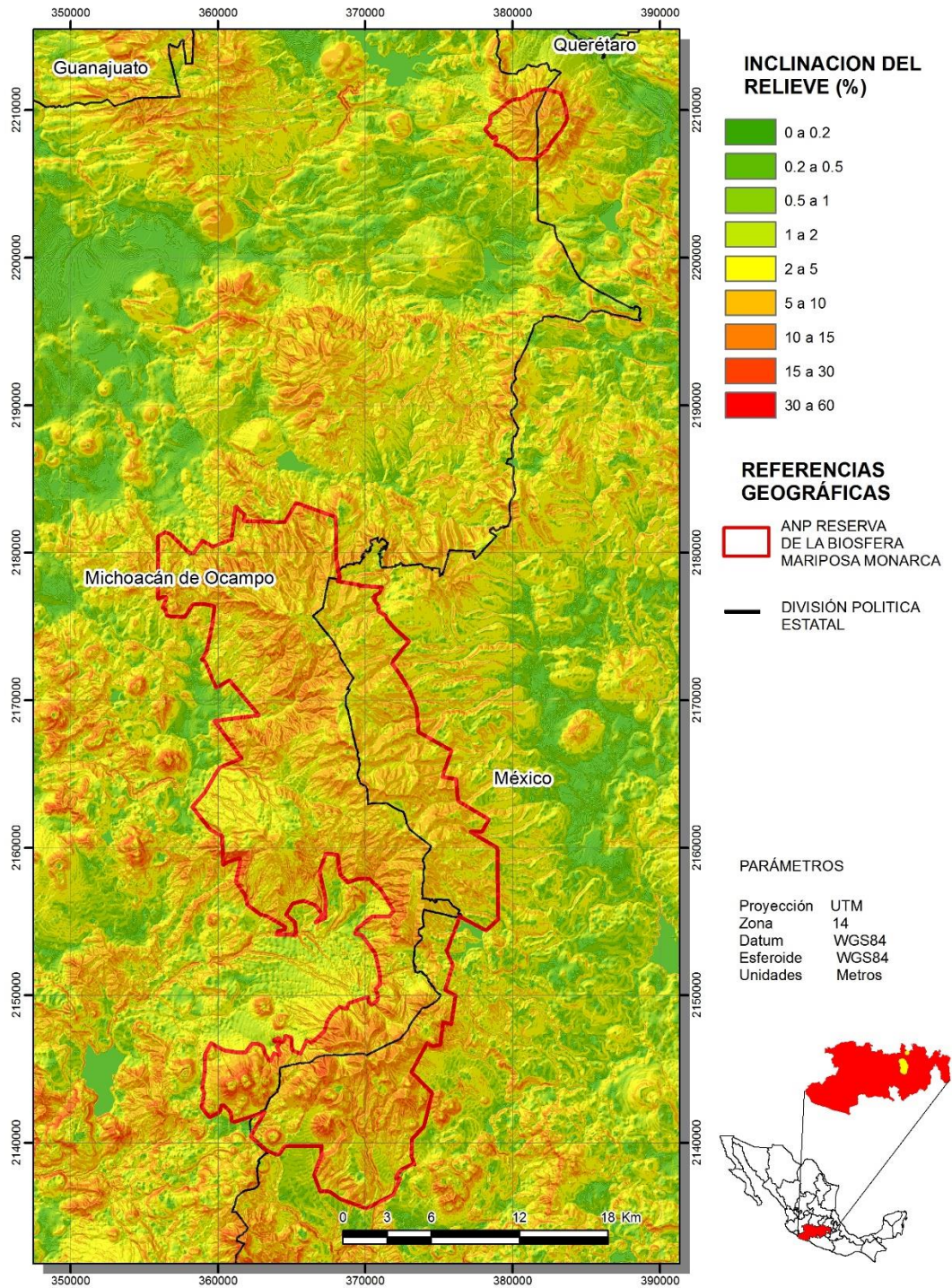
Fuente: FAO, 2009

Tabla 2.3. Clases de Gradiente de la pendiente en la RBMM.

Descripción	Área (Ha.)	Superficie (%)
<i>Plano</i>	8.93	0.02
Nivel	17.96	0.03
Cercano al nivel	50.38	0.09
Muy ligeramente inclinado	280.62	0.50
ligeramente inclinado	2196.77	3.91
Inclinado	7019.30	12.48
Fuertemente inclinado	8435.23	15.00
Moderadamente escarpado	24708.26	43.94
Escarpado	13516.98	24.04
Total	56234.42	100.00

Fuente: elaborado con base en FAO, 2009; INEGI, 1995-1997 y procesamiento en sistemas de información geográfica.

Figura 2.5 Pendientes del terreno en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: elaborado con base en FAO, 2009; INEGI, 1995-1997 y procesamiento en sistemas de información geográfica.

2.2.3 Hidrografía

En este apartado se aborda la descripción del comportamiento de las aguas continentales que son parte de los estudios hidrogeográficos, como lo han definido Morrone y Escalante (2012).

La RBMM es una importante área de captación pluvial y recarga de acuíferos (figura 2.6). De acuerdo con la dirección de los principales escurrimientos, la reserva se ubica en la vertiente del Pacífico; no obstante, se divide en dos cuencas hidrológicas (tabla 2.4): una porción norte se emplaza en la región hidrológica 12 Lerma-Santiago por donde transita el río Lerma en la región norte de la reserva con una dirección de oeste a este, y una porción sur forma parte de la región hidrológica 18 Balsas (SEMARNAT, 2000), por donde nace el río Tilostoc que tiene origen en el este de la RBMM y el río Zitácuaro que nace al oeste de la reserva los cuales se unen en el río Cutzamala y posteriormente en el río Balsas para desembocar en las costas de Lázaro Cárdenas, Michoacán en el océano Pacífico (Maderey-R. y Torres-Ruata, 1990) .

Tabla 2.4. Cuencas Hidrológicas por superficie en la RBMM.

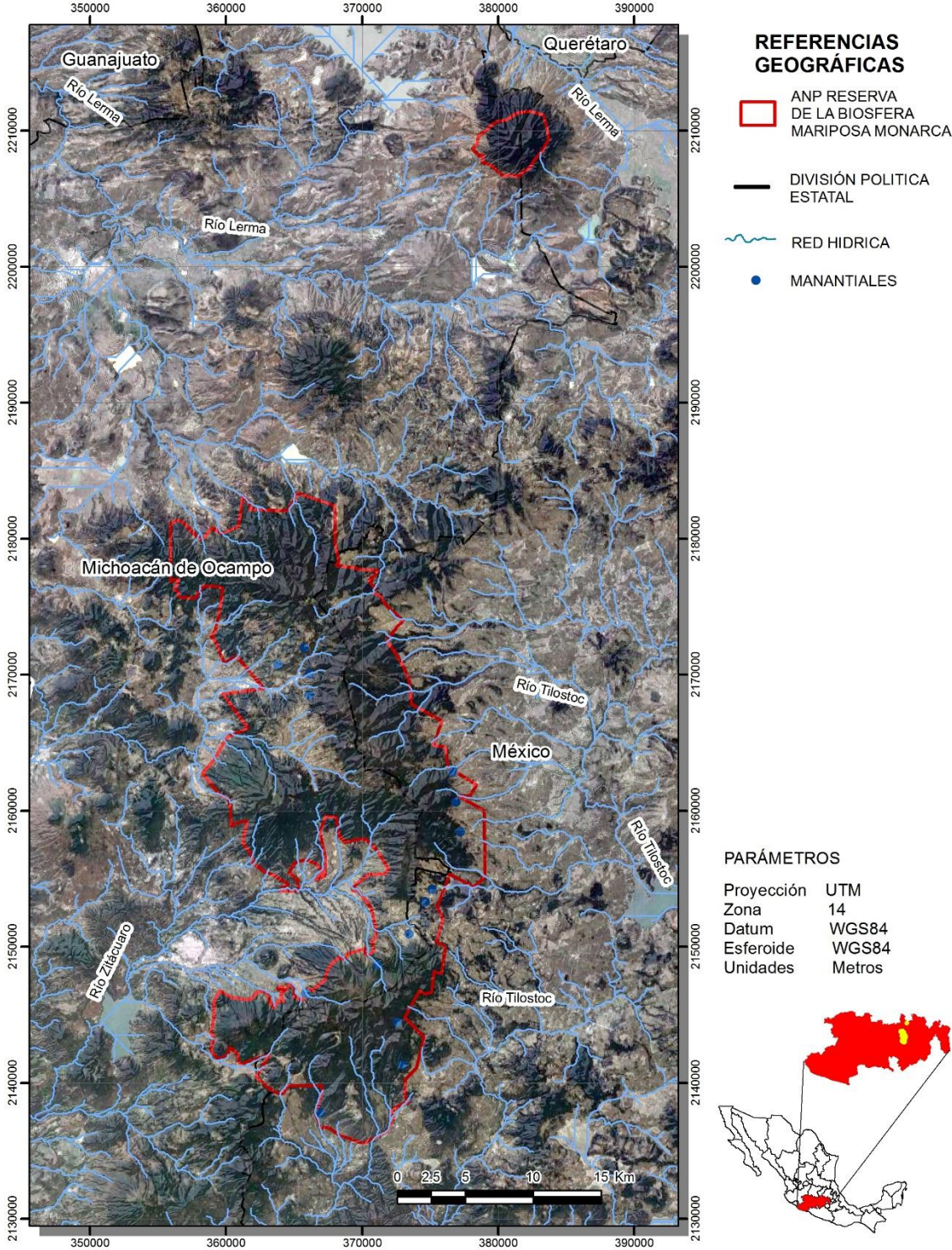
Cuenca Hidrológica	Superficie (Ha.)	Superficie (%)
Cuenca del río Lerma	8,671	15.50
Cuenca del río Cutzamala	47,259	84.50
Total	55,930	100.00

Fuente: elaborado con base en Maderey-R. y Torres-Ruata, 1990 y procesamiento en sistemas de información geográfica.

La intensa actividad fluvial derivada de las fuertes pendientes y escasez de depósitos aluviales, indica que el área se encuentra en una etapa de juventud geomorfológica; se caracteriza por tener una alta permeabilidad, por lo que las corrientes superficiales se encuentran poco desarrolladas (CONANP, 2001).

La reserva también presenta manantiales, ocho presas en los dos estados y cuerpos de agua más pequeños que abastecen a las comunidades aledañas de la región, así como a las ciudades de México y Toluca (CONANP, 2001).

Figura 2.6. Red hidrográfica en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: elaborado con base en base de Maderrey-R. y Torres-Ruata, 1990

2.2.4 Clima

El clima registrado en la reserva se obtiene con base en estadísticas de un registro en un periodo extenso.

En la región donde se localiza la RBMM se encuentran, fundamentalmente, climas templados que se extienden por toda el área (tabla 2.5); destaca por su extensión el tipo Cb'(w2) semifrío subhúmedo con veranos frescos y largos, su temperatura media anual entre los 5 °C y 12 °C donde el mes más frío oscila entre los -3°C y 18°C y el mes más cálido alcanza los 22°C; la precipitación en su mes más seco es menor de 40 mm con lluvias en verano y de un 5 % al 10.2% del total en invierno (figura 2.7). Es en esta unidad climática donde se localizan la mayoría de los santuarios de la mariposa monarca (García, 1998).

En menor proporción dentro de la RBMM se presenta el clima tipo C (w1) templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, el cual posee una precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

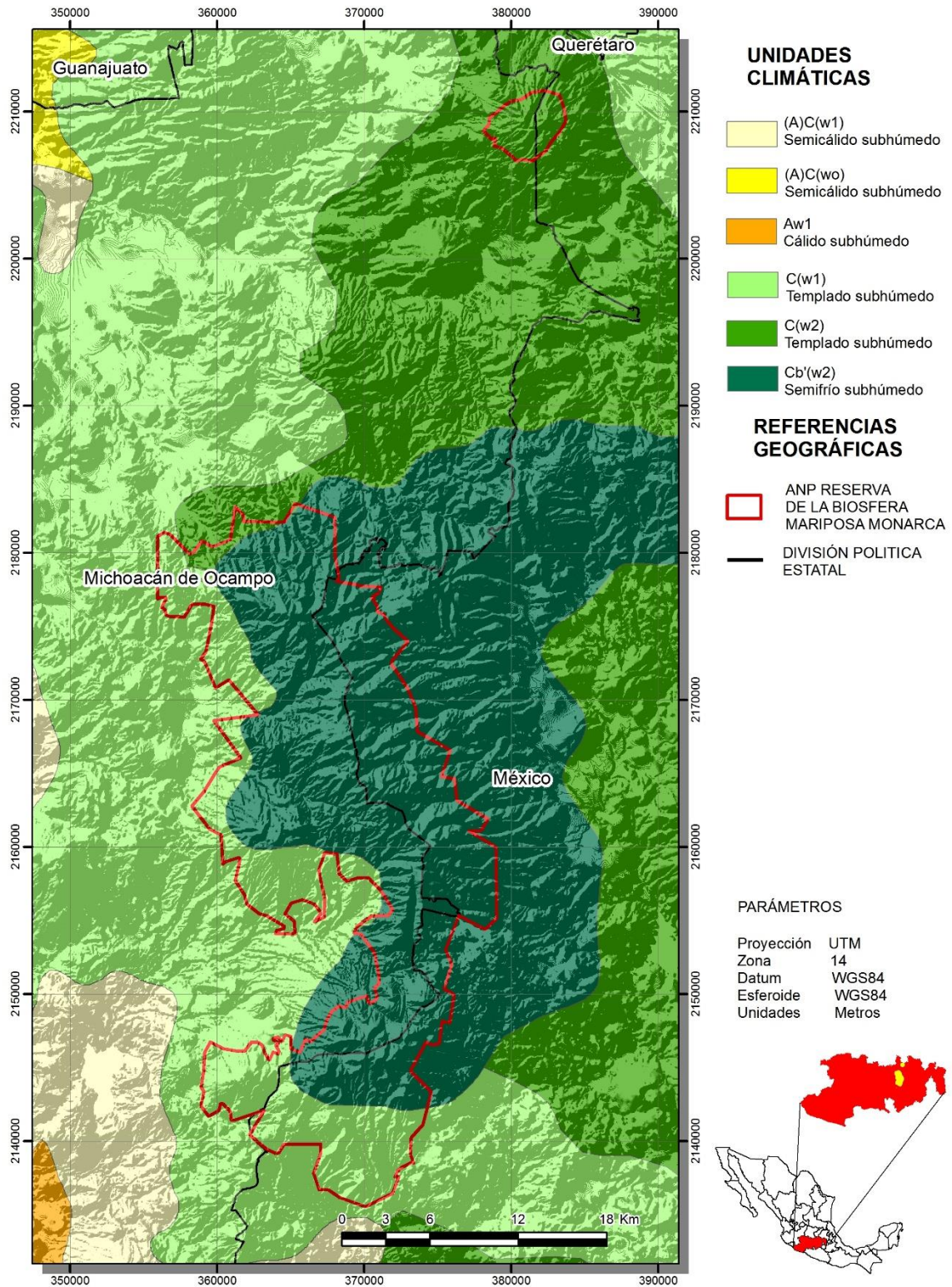
Finalmente, con la menor extensión se encuentra el clima C (w2) con las mismas propiedades que el clima C (w1) pero con lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 (García, 1998).

Tabla 2.5. Unidades climáticas por superficie en la RBMM.

Tipo de clima	Superficie (Ha.)	Superficie (%)
C(w1) Templado Subhúmedo	15,536.99	27.78
C(w2) Templado Subhúmedo	2,515.15	4.50
Cb'(w2) Semifrío Subhúmedo	37,878.91	67.72
Total	55,931.06	100.00

Fuente: elaborado con base en García - CONABIO, 1998 y procesamiento en sistemas de información geográfica.

Figura 2.7. Unidades climáticas de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: elaborado con base en García - CONABIO, 1998.

2.2.5. Edafología

En este subcapítulo se aborda la descripción de los procesos de formación y clasificación de los suelos, lo que constituye la edafología (Boul *et al*, 1990).

La formación de los suelos dentro de la RBMM se dio por procesos intensos y acelerados de descomposición de la materia orgánica, sumados a la composición litológica de la zona que incluye andesitas, basaltos, riolitas, granitos, esquistos y tobas, ello dio como resultado la formación de los siguientes suelos (tabla 2.6; figura 2.8):

Tabla 2.6. Unidades edáficas por superficie en la RBMM.

Tipo de Suelo	Superficie (Ha.)	Superficie (%)
Acrisol húmico	12079.50	21.47
Acrisol hortico	2273.62	4.04
Andosol húmico	3643.28	6.48
Andosol ocrico	35113.30	62.42
Litosol	907.58	1.61
Luvisol crómico	2235.60	3.97
Cuerpo de agua	1.30	0.00
Total	56254.18	100.00

Fuente: elaborado con base en INIFAP-CONABIO, 1995 y procesamiento en sistemas de información geográfica.

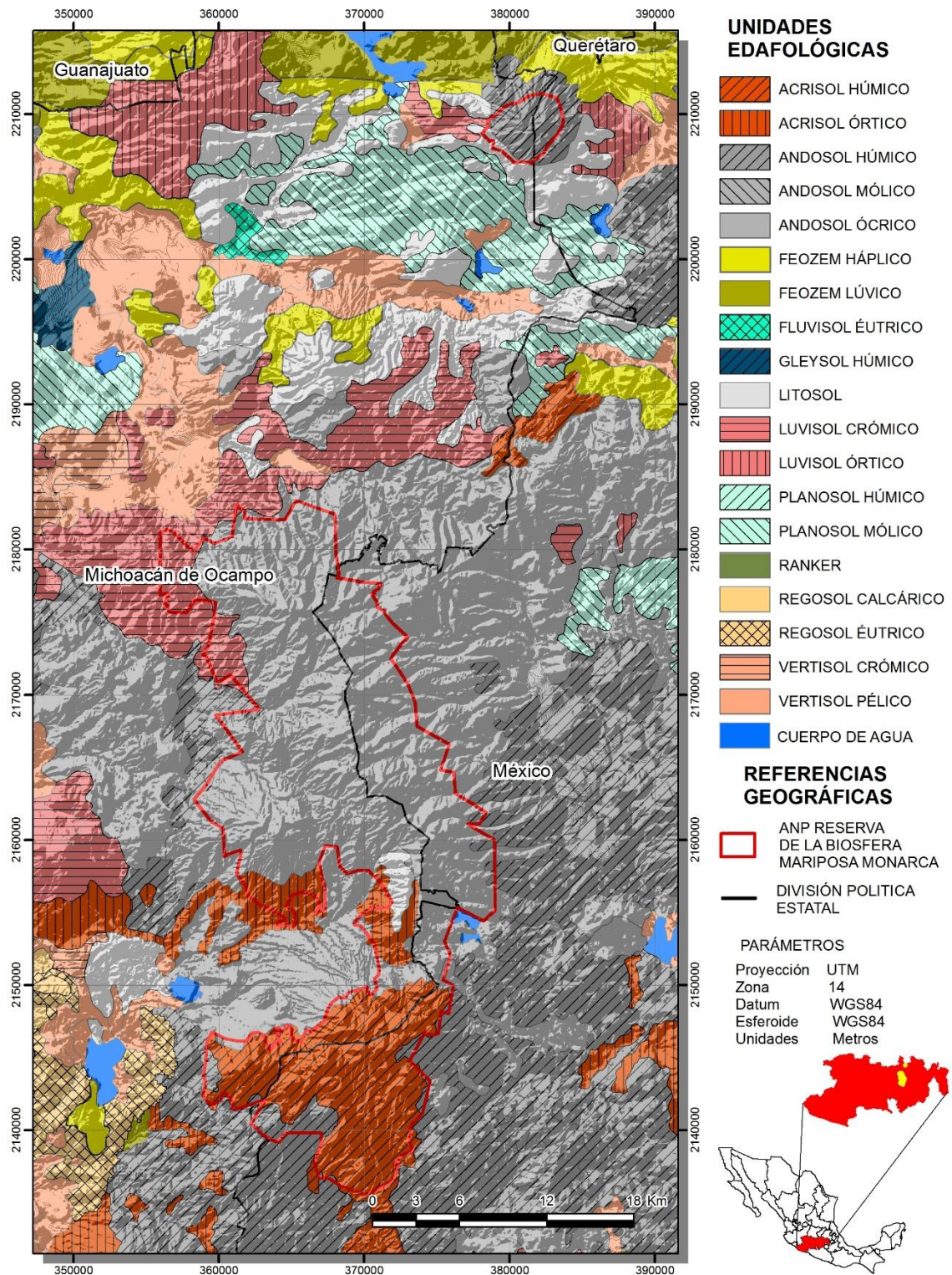
La base referencial mundial del recurso suelo (FAO, 2008) conceptualiza las características siguientes emplazadas en el área bajo estudio:

- Acrisoles. Se producen como alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas se forman principalmente en topografías de colinas u ondulada en climas subtropicales o templados cálidos, como es el caso de la RBMM. En la reserva existen los acrisoles:

-Húmico: contiene más de 1% de carbono orgánico a lo largo de los primeros 50cm de profundidad.

-Hórtico: tiene un horizonte mineral superficial inducido por el humano que resulta de la labranza profunda, fertilización intensiva y/o aplicación continua y prolongada de residuos humanos, animales u otros orgánicos.

Figura 2.8. Unidades edafológicas de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: elaborado con base en INIFAP-CONABIO, 1995.

- Andosoles. Son suelos que se forman a partir de ceniza volcánica en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima, se les encuentra en áreas onduladas a montañosas en regiones húmedas con pasaje volcánico tal como ocurre en de la RBMM, donde existen las siguientes subunidades:

-Húmico: contiene más de 1% de carbono orgánico a lo largo de los primeros 50cm de profundidad.

-Ócrico: tiene un horizonte mineral muy claro o con poco carbono orgánico, carecen de una estratificación fina.

- Litosoles. Son suelos poco desarrollados que aparecen en escarpas y afloramientos rocosos los cuales no superan los 10 cm de profundidad; por esta cualidad son muy gravillosos y/o pedregosos. Son particularmente comunes en zonas montañosas se encuentran en todos los regímenes climáticos y principalmente en regiones eruptivas, como es el caso de la RBMM

- Luvisoles. Son suelos con mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) estos suelos en la RBMM se encuentran en la parte más baja del terreno, lo que da las condiciones para la migración de arcillas.

En la cercanía a la RBMM se desarrollan suelos de tipo planosol que presentan un horizonte superficial claro, muestra estancamientos periódicos de agua y con un subsuelo poco permeable; muy cerca hay fluvisoles, que son suelos jóvenes formados por depósitos aluviales formados por la sedimentación de los ríos o depósitos lacustres.

Al norte de la reserva se encuentran regosoles, que son suelos poco desarrollados en minerales y no consolidadas sin horizontes definidos ni muy someros, arenosos o con materiales fluvicos.

Al norte, en los límites con Guanajuato y Querétaro, existe un predominio notable de suelos feozem, característicos de ambientes de pastizal relativamente húmedos y de regiones forestales de clima continental.

Al sur de la reserva prevalecen los vertisoles característicos por ser muy arcillosos y con la cualidad de expandirse lo que provoca que en temporadas secas se parta el suelo

provocando grietas anchas y profundas; esto favorece el reciclado interno constante del material del suelo.

2.2.6 Vegetación y uso del suelo

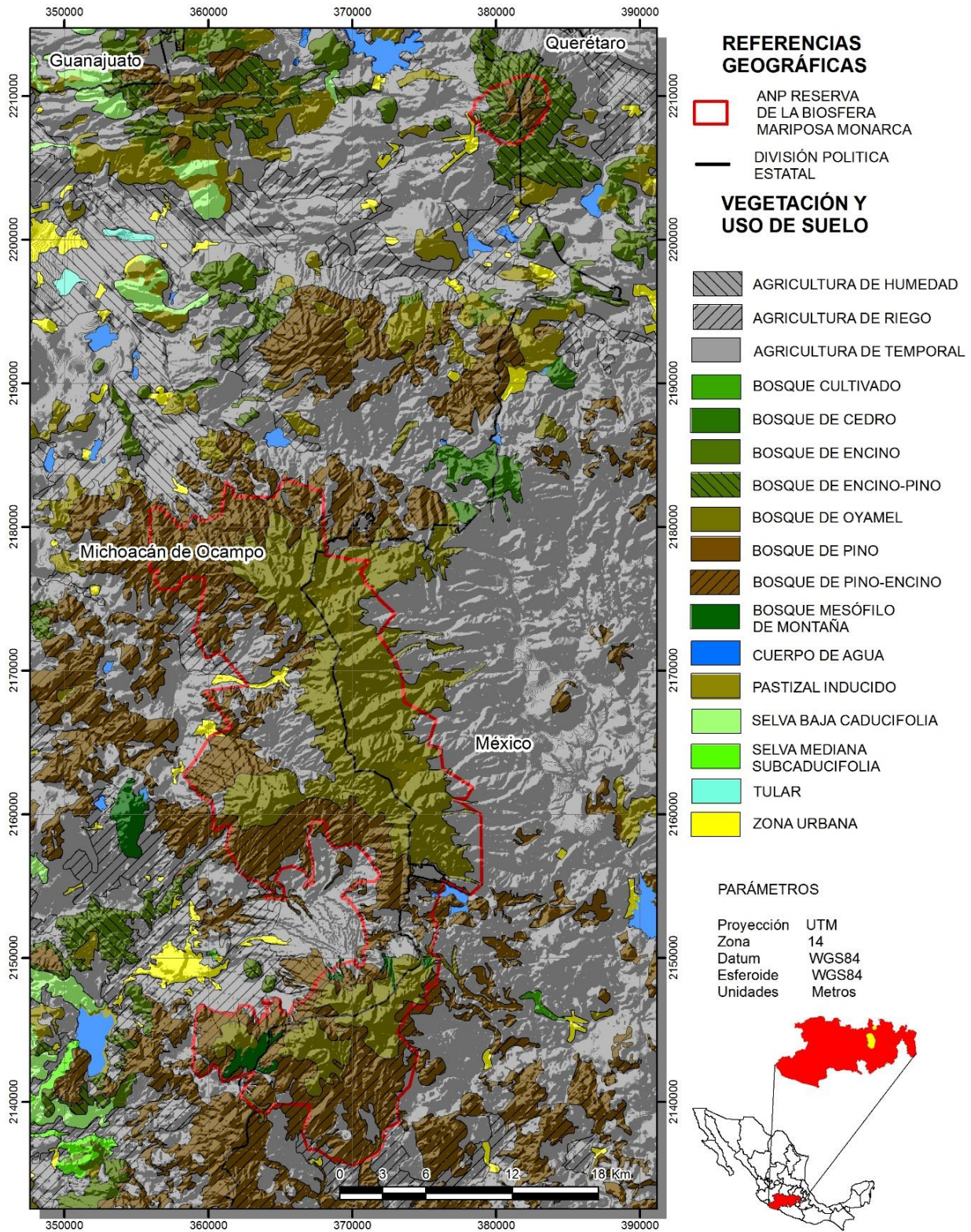
El uso de suelo y vegetación es punto clave para entender la biodiversidad y situación de una región o territorio y su cambio se describe como la transformación de la cobertura vegetal original. Este permite entender la evolución de la deforestación, degradación y pérdida de la biodiversidad.

En la RBMM uso de suelo forestal incorpora árboles de entre 35 y 50 metros que esperan a las mariposas cada año para su hibernación. Principalmente hay presencia de bosques de oyamel, los cuales se distribuyen desde los 2,400 hasta los 3,600 m.s.n.m., con la extensión mayor dentro de la zona núcleo de la RBMM; también hay bosques de pinos, entre los cuales se encuentran las especies pino ortiguillo (*Pinus pseudostrobus*), pino de las alturas (*Pinus hartwegii*), pino colorado, teocote (*Pinus teocote*), pino amarillo (*Pinus oocarpa*); éstos se ubican en áreas aisladas, las cuales se emplazan entre los 1,500 y 3,000 m.s.n.m. y están asociadas a las zonas de mayor humedad y con mayor inclinación del terreno; en menor proporción están los bosques de encinos, con especies como el encino, encino jarrillo (*Quercus laurina*), y de forma muy aislada se halla el bosque mesófilo de montaña en donde hay especies como el aile (*Alnus jorullensis*), el sauce (*Salix paradoxa*), el capulín (*Prunus sp.*) (CONANP, 2001) (tabla 2.7; figura 2.9).

En el uso de suelo agrícola en la RBMM se localizan cultivos de avena, frijol, haba, maíz, ciruela, durazno, manzana y pera bajo riego de temporal según las investigaciones de Reyes (2016); y menor proporción también existe agricultura de humedal y de riego con base en INEGI (2011-2013).

Las zonas son uso de suelo urbano pertenecen a la localidad de Angangueo y Ocampo cuyo crecimiento urbano ha invadido pequeñas porciones la RBMM.

Figura 2.9. Vegetación y uso de suelo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca



Fuente: elaborado con base en INEGI, 2011-2013.

Tabla 2.7. Superficie de la vegetación y uso de suelo en la RBMM.

Uso de suelo y Vegetación	Superficie (Ha.)	Superficie %
Agricultura de humedal	27.85	0.05
Agricultura de riego	470.32	0.84
Agricultura de temporal	9,770.89	17.47
Bosque de encino-pino	968.47	1.73
Bosque de oyamel	2,1303.22	38.09
Bosque de pino-encino	2,1865.47	39.09
Bosque mesófilo de montaña	716.61	1.28
Cuerpo de agua	16.66	0.03
Pastizal inducido	578.89	1.04
Zona urbana	212.67	0.38
Total	55931.06	100.00

Fuente: elaborado con base en INEGI 2011-2013 y procesamiento en sistemas de información geográfica.

Expuestas las características físicas existentes en la RBMM y su área próxima, se puede destacar: su riqueza geológica de origen volcánico, la cual genera un sistema geomorfológico diverso, con un gran número de micro-cuencas idóneas para la contención de lagos, ríos y presas. Estas condiciones, en conjunto, han generado una amplia variedad de suelos, los cuales han servido como elemento de oportunidad para muchas especies y poblaciones humanas, que han aprovechado el potencial agrícola y dar uso al suelo y a la vegetación presente.

Lo anterior hace de la RBMM de las áreas naturales más importantes del país. A ello se suma la importancia que tiene la mariposa monarca, junto con otras especies endémicas, que necesitan de la reserva para su supervivencia.

Capítulo 3. Diseño de los mapas interactivos acerca de las observaciones fenológicas y de los estudios de cambio climático en el área próxima de la Reserva Biosfera de la Mariposa Monarca

En este capítulo se aborda la elaboración y diseño de los mapas interactivos que tienen como base los trabajos realizados sobre las observaciones fenológicas y de estudios de cambio climático en el área próxima de la RBMM. La finalidad es crear cartografía, contribuyendo con la expresividad gráfica para los usuarios de la información, al comunicar de una forma dinámica los estudios realizados. La elaboración de estos mapas pretende contribuir con una mejor difusión los trabajos e investigaciones realizadas y exponer acertadamente los resultados investigativos referentes al cambio climático en la RBMM.

3.1. Estrategia metodológica

Para el desarrollo del mapa interactivo propuesto en este trabajo son necesarios los pasos metodológicos mencionados a continuación, los cuales se acompañan de una breve descripción referente a sus implicaciones.

1. **Elección del software.** En el capítulo 1 de esta investigación se mencionaron los componentes de los Sistemas de Información Geográfica y, dentro de ellos, se recalcó el papel central que tiene el *software*, dado que el uso de uno u otro otorga distintas posibilidades para la entrada, el manejo y la salida de la información. En este caso, se usó el programa *Story Maps*, de la empresa ESRI, por ser de uso libre y posibilitar el manejo de información en formato vectorial; éste resulta adecuado para trabajar debido a la compatibilidad con el *software* ArcGis y posibilita un abanico amplio de formas de representación de los datos.
2. **Recopilación de información.** Los datos, otro componente de los Sistemas de Información Geográfica, provienen de los hallazgos impulsados por el *Proyecto PAPIIT*

IN226717 Consolidación de la Red Fenomenológica Comunitaria en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. De esta manera, la Mtra. Rocío Reyes González, el Lic. Juan Antonio Galván Acosta, Yessica Sandoval Vázquez y Jaqueline Mera Rodríguez, participantes del proyecto –bajo la dirección de la Dra. Leticia Gómez Mendoza, quien es profesora de tiempo completo en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM–, proporcionaron datos seleccionados que constituyen el insumo sustancial de esta cartografía. Los títulos de sus temas de investigación son los siguientes:

- Observación fenológica comunitaria en la reserva de la biosfera mariposa monarca: una alternativa de adaptación ante el cambio climático. Mtra. Rocío Reyes González.
- Tendencias de temperatura en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia. Lic. Juan Antonio Galván Acosta.
- Escenarios de cambio climático en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca. Yessica Sandoval Vázquez.
- Eventos extremos en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca. Jaqueline Mera Rodríguez.

3. **Adaptación técnica de la información.** Los datos proporcionados por los participantes del proyecto debieron ser procesados técnicamente para procesarse en el *software* seleccionado; en este sentido, se ejecutaron acciones de salida de información de los programas de trabajo de los participantes del proyecto y de ingreso a la plataforma *Story Maps*.

4. **Proceso de re-redacción cartográfica.** La información proporcionada por los participantes del proyecto fue procesada en el *software* seleccionado con apego a sus propuestas cartográficas originales, pero complementándolas de forma tal que se pudiera alcanzar una homogeneización en escala, proyección y redacción cartográfica. La unicidad según Tyner (2010) significa que un mapa aparezca ante el lector como una unidad, no como una colección desvinculada de elementos y piezas. En este caso, los métodos cartográficos empleados por los participantes del proyecto fueron:

métodos de puntos y métodos de isolíneas –empleando los términos de Saltichev (1979) –, y también se incluyó información ráster pre-clasificada.

5. **Construcción del discurso del mapa.** Para este punto se hace necesario reflexionar en la afinidad temática de la información recabada y procesada, para mostrarla en el documento final con una articulación interna que lleve al usuario a reflexionar sobre los eventos climáticos presentes y futuros manifestados a manera de historia territorial del área natural protegida bajo estudio. Así, diversos capítulos pueden establecerse, a saber: 1) Localización geográfica del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, 2) Condiciones climáticas actuales, 3) Amenazas climáticas, 4) Tendencias de las temperaturas máximas y mínimas, 5) Escenarios de temperatura y precipitación a 25 años, y 6) Sitios de observación fenológica.

6. **Selección del diseño del Story Map.** El *software* utilizado permite la elección de siete diseños para seleccionar uno de ellos, que, a criterio del cartógrafo, mejor conduzca al usuario a través del discurso que se pretende en el mapa. Este es un asunto relevante dentro de los criterios cartográficos, dado que forma parte de la planeación, etapa crucial en la cartografía, donde está implicada la previsión del documento en sentido espacial, de diseño y de comunicación con el usuario; en palabras de Estrada Espinosa de los Monteros (1988: 165) “La elaboración de una carta, un mapa o un plano es siempre un proceso de trabajo, cuya parte más importante es la inicial, que es la concepción previa del documento [...]”. Para este proyecto se eligió el diseño *Map Journal*.

3.2. Información base y métodos cartográficos

En este subcapítulo se enuncian los trabajos que contienen los insumos cartográficos de esta tesis. Se valora necesario presentar sus puntos de reflexión sustanciales dado que ellos dan la pauta para la construcción del discurso del *story map* diseñado; asimismo, el reconocimiento en los métodos y técnicas utilizadas por ellos posibilita tomar criterios de homogeneización necesaria para consolidar el producto cartográfico que se propone.

3.2.1. Contexto de la investigación “Tendencias de temperatura en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia”

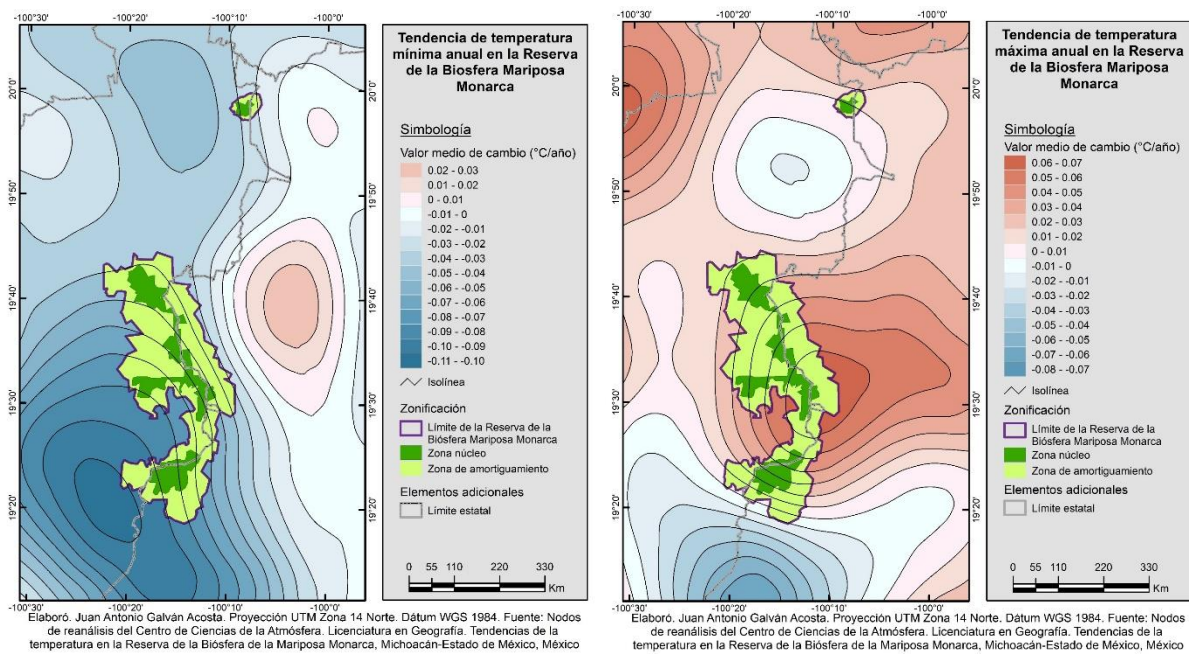
Esta investigación, realizada por el Lic. Juan Antonio Galván Acosta, tiene como principal punto de interés evidenciar si el clima se comporta de manera diferenciada dentro del área natural protegida que fuera de ella. Sus reflexiones teórico-conceptuales se relacionan con el cambio climático, el monitoreo del clima, la variabilidad climática, la tendencia estadística y la regulación climática.

Debe mencionarse que un concepto central en su estudio es la escala climática, dado que analiza tendencias en tres escalas de análisis: nacional, regional y local. No obstante, dada la escala geográfica planeada para este proyecto, no se consideró que los resultados presentados a escala nacional y local fueran funcionales, y, en la búsqueda de la homogeneización cartográfica, únicamente el análisis regional fue tomado en cuenta en este trabajo.

A esta escala regional, Galván (2019) presenta resultados de las tendencias de la temperatura máxima anual, mínima anual, máxima mensual para el período invernal, primaveral, veraniego y otoñal, y la tendencia de temperatura mínima mensual para esos mismos períodos estacionales; sin embargo, para este proyecto, sólo se contó con la cartografía de análisis anual, que tiene un mayor grado de generalización en sentido temporal (figura 3.1).

Los mapas de escala regional presentados en la investigación referida provienen del procesamiento de los datos de 119 nodos de reanálisis del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Éstos tienen el registro de temperatura máxima y mínima mensual. Así, el autor realizó un cálculo de pendiente (en este caso, este valor expresa el cambio anual promedio de la temperatura) por el método de mínimos cuadrados para cada uno de los nodos; finalmente, esa cifra fue interpolada por el método *Spline* para propagarla de manera continua sobre el territorio estudiado.

Figura 3.1. Insumos cartográficos otorgados por la investigación “Tendencias de temperatura en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y su área de influencia”



Fuente: Galván, 2019.

Se trata, entonces, de un estudio que propone dos distintas predicciones estadísticas: una referente al fenómeno de estudio y otra la relativa a la modelación espacial. Así, se debe tomar en cuenta, para la construcción del discurso del *story map*, que los datos de la tendencia de temperatura no son primarios o medidos directamente, sino que son derivados de acuerdo con el método elegido por el autor, lo que constituye una especificidad mayor en los análisis climáticos.

En términos cartográficos, los mapas del autor corresponden al método de isolíneas (Salitchev, 1979; Robinson *et al.*, 1987) situadas cada 0.01°C por año; no obstante, el autor puso énfasis en el coloreado entre las isolíneas, lo cual es una alternativa del método para resaltar las áreas (Dent, *et al.*, 2009).

Así, en un nivel técnico, el autor de esta investigación proporcionó sus archivos en formato SHP con geometría de polígonos. Estos archivos requirieron modificación en los campos de su tabla de atributos para su presentación en la plataforma *Story Maps*.

3.2.2. Contexto de la investigación “Escenarios de cambio climático en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca”

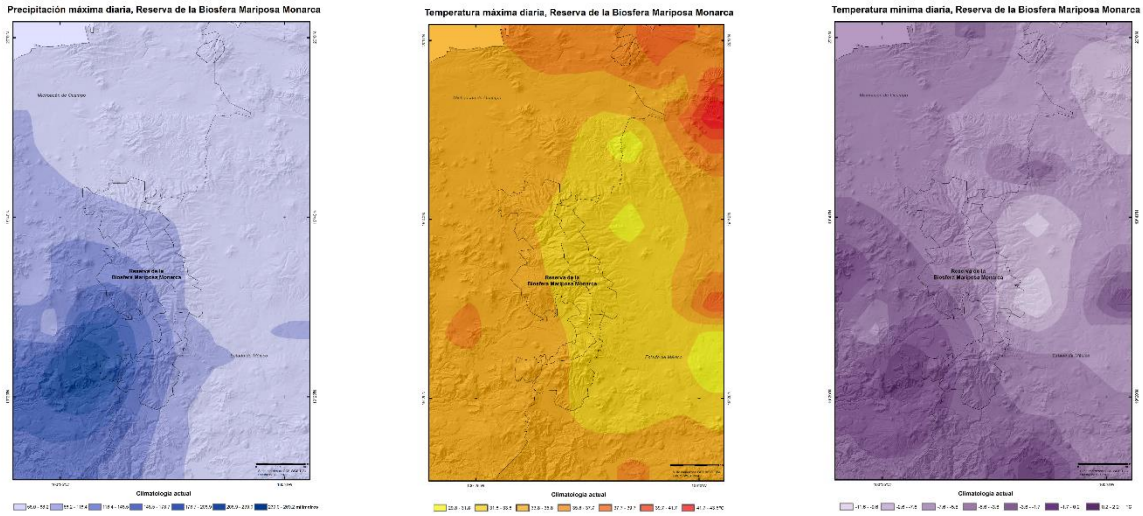
La investigación realizada por Yessica Sandoval Vázquez tiene como objetivo realizar un escenario predictivo de las condiciones atmosféricas en la RBMM a 25, 50 y 75 años, buscando evidenciar los cambios que pueden generarse a consecuencia del cambio climático de seguir la tendencia actual. Su base teórico-conceptual se enfoca en el cambio climático, la tendencia estadística y la dinámica del clima.

Los datos de 20 estaciones meteorológicas fueron proporcionados por el a través del Servicio Meteorológico Nacional y sirvieron de base para elaborar los insumos cartográficos de precipitación, temperaturas máximas y mínimas actuales y estos mismos fueron procesados en un “generador estocástico de tiempo meteorológico” (GETM) el cual es un modelo estadístico con la capacidad de simular los datos diarios de variables meteorológicas y usarlas para hacer proyecciones realistas de variables climáticas; con él, se formularon escenarios de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima para 25, 50 y 75 años. Para el desarrollo de esta investigación solo fueron proporcionados los insumos correspondientes a los estudios actuales y escenario a 25 años los cuales fueron interpolados por la autora y entregados en formato ráster (figuras 3.2 y 3.3).

El estudio muestra dos perspectivas relevantes de interés académico: desde el punto de vista temático, evidencia los cambios en el clima a futuro; desde el punto de vista metodológico, destaca el uso del método de generación de escenarios a partir de los datos actuales.

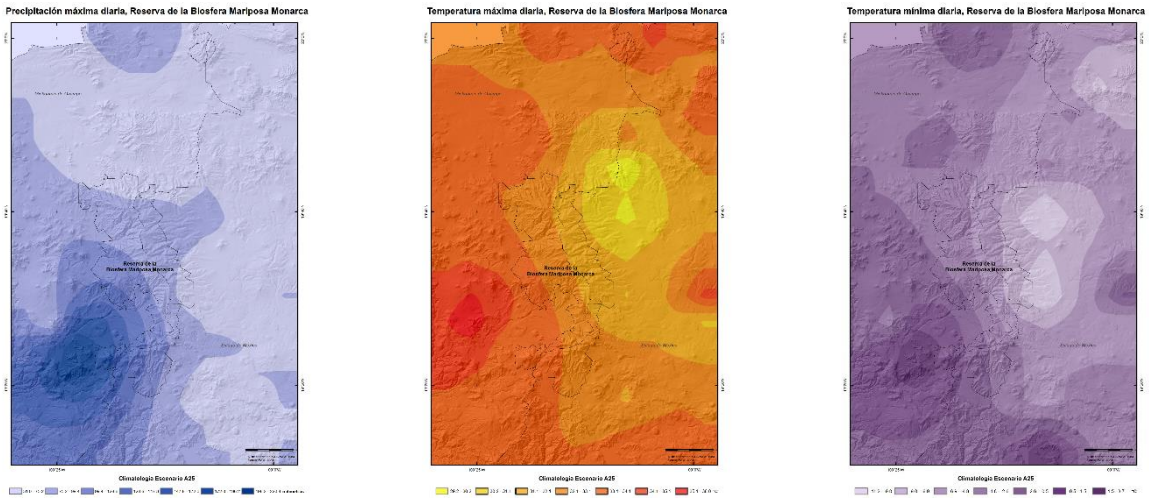
Este trabajo se encuentra actualmente en proceso, pero cuenta con cartografía definida que manifiesta que la autora obtuvo un modelado de las isolíneas, aplicando la variante del color entre ellas para generar áreas; no obstante, la información fue proporcionada técnicamente en formato ráster como se mencionó con anterioridad, no en geometría vectorial poligonal.

Figura 3.2. Insumos cartográficos otorgados por la investigación “Escenarios de cambio climático en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca” (escenario actual)



Fuente: Aporte de la investigación de Yessica Sandoval Vázquez.

Figura 3.3. Insumos cartográficos otorgados por la investigación “Escenarios de cambio climático en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca” (escenario a 25 años)



Fuente: Aporte de la investigación de Yessica Sandoval Vázquez

3.2.3. Contexto de la investigación “Eventos extremos en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca”

La investigación de Jaqueline Mera Rodríguez busca evidenciar los eventos extremos climáticos dentro de la RBMM, priorizando a las granizadas y tormentas las cuales constituyen una amenaza para el ecosistema en la reserva y resaltando a la mariposa monarca como especie vulnerable a este tipo de eventos climáticos; sus fundamentos teórico-conceptuales se centran en identificar la vulnerabilidad, la amenaza y la frecuencia con lo que se dan estos eventos extremos, según los registros históricos recopilados. El estudio se elabora a una escala regional y busca generar una narrativa estadística que evidencia, en un marco espaciotemporal, la frecuencia de estos fenómenos

Los productos obtenidos en su investigación brindan una recopilación de registros proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional de los cuales se extrajeron los promedios mensuales históricos de granizadas y tormentas extremas; a partir de esto, se generó un archivo SHP con geometría de puntos para cada uno, siendo esta información brindada a esta investigación.

Debe decirse que esta investigación se encuentra actualmente en proceso y por ello no hay un producto final de referencia para la cartografía de este proyecto. A pesar de ello, se otorgó libertad para la edición de la información con fines de la elaboración del *story map* por lo que se tomó la decisión de realizar una interpolación utilizando el método *Spline*, al considerarlo como el más adecuado para el fenómeno a representar y generar las isolíneas con la correspondiente derivación del método para la representación de áreas entre isolíneas.

3.2.4. Contexto de la investigación “Observación fenológica comunitaria en la reserva de la biosfera mariposa monarca: una alternativa de adaptación ante el cambio climático”

Al estudio de los eventos periódicos en la vida de las especies se le conoce como fenología y esta se ha usado como un indicador para identificar los cambios en el clima (Reyes, 2016). La investigación desarrollada por la Mtra. Rocío Reyes González tiene como objetivo evidenciar la manera en que se ha enseñado a las poblaciones ubicadas en el municipio de

Zitácuaro, Michoacán, a realizar observaciones fenológicas con la finalidad de detectar cambios en sus recursos forestales y cultivos, ya que son vitales para su economía y autoconsumo. Con ello, la autora espera que la experiencia se vuelva una estrategia constante de monitoreo para el estudio de las consecuencias negativas que puedan llegar el cambio climático y actuar con anticipación.

Su investigación menciona cómo la flora actúa de dos maneras ante los cambios en el clima: migrando o adaptándose; el registro de estos cambios, lo que en esencia es realizar una observación fenológica, evidencia la alteración sus ciclos naturales como su fluctuación, floración, presencia de hongos, brotes, plagas o enfermedades y caída de hojas ante el cambio climático. Entonces, es conveniente realizar un registro sobre estos cambios fenológicos en dichos cultivos y árboles naturales, siendo que este conocimiento puede ayudar a mitigar en la mayor medida sus consecuencias (Reyes, 2016).

Para realizar esta investigación se eligieron 19 puntos de observación fenológica con la finalidad de enseñar a registrar y hacer un análisis de los resultados a las poblaciones todas ellas cercanas a la RBMM; en estos lugares se encuentran frutales como el durazno, la guayaba, el níspero, la mora, y arboles maderables como lo son el fresno y el pino ocote; además existen cultivos de autoconsumo que también se eligieron en el estudio por ser prioridad en la vida económica y social de las poblaciones.

Esta información se obtuvo gracias a trabajo de campo el cual se realizó en diversas visitas donde se les daban talleres a las comunidades en las que se les explicaba el propósito e importancia de la observación fenológica y cómo realizarla.

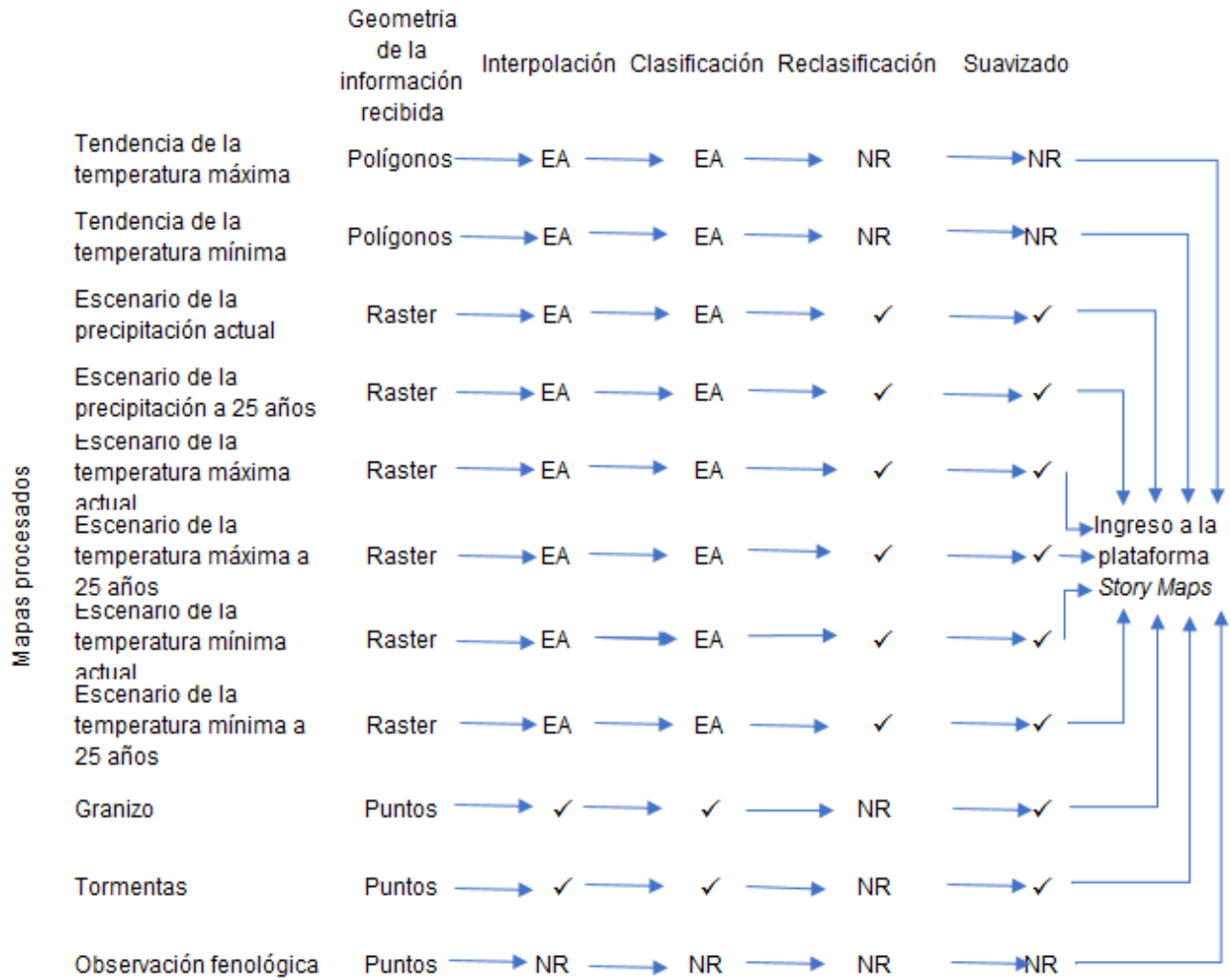
La localización geográfica de los lugares de observación fenológica se proporcionó a esta investigación para incluirlos en el *story map*. Se trató de archivos SHP con geometría de punto que poseen nombre del lugar y coordenadas geográficas del sitio.

3.2.5. Homogeneización de la información e ingreso a la plataforma *Story Maps*

Como se ha mencionado, los datos para la realización de la cartografía interactiva fueron brindados en formato SHP. Éstos fueron tratados en el *software* ArcGIS, usando el módulo

ArcMap, para ser ingresados en *Story Maps*, a través del proceso metodológico que se muestra en la figura 3.4

Figura 3.4. Metodología de trabajo para la homogeneización de información cartográfica previa al ingreso a la plataforma *Story Maps*.



Claves: ✓ – Proceso ejecutado; EA – Proceso efectuado por el autor; NR – Proceso no requerido

Fuente: elaborado con base en los procesos seguidos por la información proporcionada.

Como puede observarse, de los once mapas que conforman este proyecto, diez utilizaron un proceso de interpolación de información. De estos diez, en ocho de ellos el proceso de interpolación fue aplicado por el autor y así fue proporcionado para este proyecto. Sin embargo, 6 de estos mapas pertenecientes a los climas presentes y escenarios a 25 años tuvieron una reclasificación con la finalidad de homogenizar los rangos y su simbología para una interpretación más eficiente. Por su parte, los mapas de Amenazas Climáticas “Granizo” y “Tormentas” fueron entregados con la información puntual referida a las estaciones meteorológicas, razón por la cual, fue propuesta una interpolación para alcanzar la homogeneización necesaria en este proyecto.

Como lo advierten Robinson *et al.* (1987: 324), no sólo existe el método lineal de interpolación y, en caso de conocer el correcto funcionamiento de otras teorías “[...] hay que aplicarlas”. En este sentido, dos razones condujeron a elegir la interpolación *Spline* como propuesta para los mapas de granizo y tormentas: la primera corresponde a los criterios de homogeneización cartográfica de este proyecto y, en sintonía con ello, el método *Spline* fue declarado y aplicado por Galván (2019) en su estudio; la segunda se basa en las características del propio método de interpolación, el cual llega a resultados adecuados requiriendo el uso de polinomios de bajo grado (primer orden (x), segundo orden (x^2) o tercer orden (x^3), evitando oscilaciones indeseables de polinomios de más alto grado y, además, se tiene certeza de que las curvas propuestas pasarán por los puntos de control en su verdadera magnitud (Bolstad, 2016).

Una vez generado el ráster de la interpolación, fueron establecidos los rangos en los cuales se van a representar los valores de mayor significatividad; posteriormente, se procedió a ejecutar la reclasificación del ráster con la finalidad de homogenizar los trabajos. Hecho esto, fue necesario aplicar la conversión de la información de formato ráster a vector.

A pesar de haber aplicado la interpolación *Spline*, que implica la modelación de curvas suaves (Bolstad, 2016), la poca cantidad de puntos de control –que son las estaciones meteorológicas circundantes a la zona de estudio– y la distancia entre

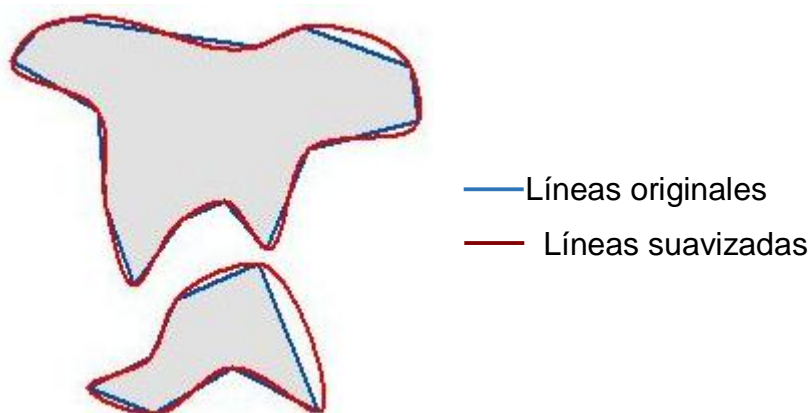
ellas, produjo que el modelo tuviera trazos rectos visibles en el archivo vectorial, magnificados al hacer acercamientos; por esta causa, un proceso de suavizado se introdujo para la presentación de la cartografía.

El suavizado es un proceso de la generalización cartográfica abordado por Tyner (2010), aplicado cuando un trazo no debe dibujarse recto, sino que una curvatura suave le otorga mayor naturalidad. En la cartografía meteorológica y climática, esta circunstancia debe ser observada y corregida, si es el caso. Algunos autores como Dorling y Fairbairn (1997) y la propia Tyner (2010) consideran al suavizado como parte de una decisión de simplificación en cartografía; no obstante, aunque el proceso implica acceder a una lectura más natural que el trazo original, en varias ocasiones –como en este proyecto–, está implicada la inserción de nuevos vértices y un ligero desplazamiento del trazo original.

De esta manera, se aplicó el suavizado del polígono con la herramienta “Smooth” y el algoritmo “Bézier” para eliminar trazos rectos y los vértices puntiagudos.

El algoritmo Bézier en el *software* ArcGis suaviza los polígonos haciendo coincidir con las coordenadas originales de los vértices (figura 3.5), porque la interpolación *Spline* modeló las isolíneas de manera que los puntos de control fueran abarcados por su valor específico y esta solución garantiza el menor desplazamiento.

Figura 3.5. Suavizado de polígono con base en el algoritmo Bézier en ArcGis.



Fuente: ArcGis, 2016

Dado que la herramienta de suavizado modifica la geometría original de los polígonos, los límites de la zona de estudio se vieron afectados; en este sentido, se recortó el archivo a los límites del área de estudio por medio de la herramienta “cortar”, se eliminaron así los bordes sobrantes generados por el *Smooth* y se logró una la correcta representación de la información.

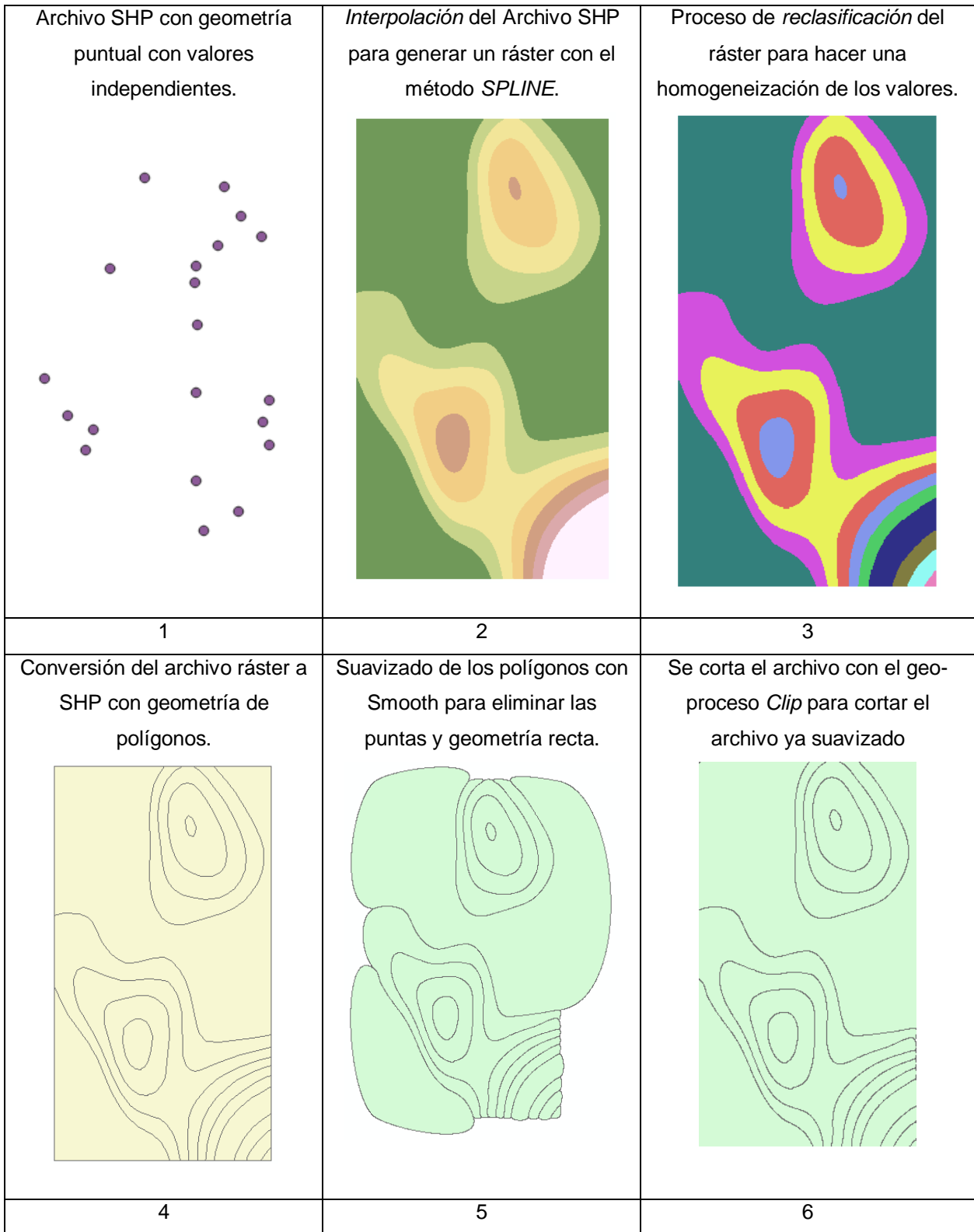
De manera gráfica, la figura 3.6 muestra, el proceso seguido para el mapa de granizo previo a su ingreso en el *Story Map*. Una vez terminado este proceso los archivos vinculados al SHP deben ser comprimidos en una carpeta ZIP, que es la extensión necesaria para poder ingresarlos a la plataforma.

Cabe mencionar que a los mapas de escenarios de temperatura máxima actual y a 25 años, temperatura mínima actual y a 25 años y precipitación actual y a 25 años no les fue aplicado un proceso de interpolación, dado que ya la autora ya había aplicado este proceso; sin embargo fue aplicado el proceso de reclasificación en los datos para homogeneizar los rangos en los mapas y suavizado para la eliminación de trazos rectos y vértices puntiagudos. En este sentido, el algoritmo Bézier elegido para el suavizado también resultó el más apropiado, dado que es el que más respeta los polígonos definidos desde la autoría de los mapas.

En lo referente al mapa de sitios de observación fenológica, ningún tratamiento fue requerido, pues los datos fueron proporcionados en geometría puntual que pasaría a la plataforma como método de puntos. Las únicas acciones que se realizaron correspondieron al simbolismo cartográfico que se describirá más adelante.

Por otro lado, en cuanto a los criterios de homogeneización cartográfica y las bases matemáticas de los mapas procesados. Todos se presentaron en proyección UTM, zona 14, usando el elipsoide WGS 84; las coordenadas extremas de modelación son: 2, 215,000 al Norte, 2, 121,300 al Sur, 400,300 al Este y 342,800 al Oeste.

Figura 3.6. Tratamiento de la información recibida sin interpolación propuesta.



Fuente: elaborado con base en los procesos efectuados en el sistema de información geográfica.

En cuanto a la escala cartográfica, los archivos originales recibidos por los participantes del proyecto provienen de escalas medias circundantes en la reducción 1:500,000. Bajo esta referencia, se tomaron las decisiones pertinentes en cuanto a la generación de la interpolación, el establecimiento de rangos y la presentación de los mapas en el *Story Map* (todo ello de acuerdo con los requerimientos de cada mapa); pero debe ser dicho que en ningún momento del proceso se requirió de la perspectiva impresa de la cartografía que otorga rigidez a la escala. Esta misma perspectiva de escalas medias fue trasladada a la plataforma *Story Maps* que permite hacer acercamientos y reducciones, aunque el acercamiento (*zoom*) de inicio se estableció en 1:550,000, que se perfila como el más adecuado para la visualización de los mapas del proyecto.

3.3. Propuesta cartográfica

El presente subcapítulo presenta la información correspondiente al proceso de diseño cartográfico. Se considera una etapa crucial, en la que cada mapa que conforma este proyecto adquiere su apariencia definitiva y, por lo tanto, también el producto final, que es el *story map* propuesto.

De esta manera, se exponen las decisiones en torno al simbolismo cartográfico, que fundamentalmente se refiere a la selección de colores para las áreas sombreadas entre isolíneas, pero también otros símbolos del mapa general y criterios base; asimismo, se muestran los ajustes a los campos de las tablas de atributos para la presentación de información mostrada al interactuar con cada mapa; finalmente, se presenta la estructuración del discurso del mapa, que lleva a contar la historia que desea ser narrada.

3.3.1. Simbolismo cartográfico






A continuación, se explican los criterios seguidos en la implantación de los signos puntuales, lineales y areales en los diversos mapas del proyecto.

a) Mapa general del área de estudio

El mapa general del área de estudio procede del presentado en la figura 2.2 de esta investigación. Tiene como finalidad mostrar las características geográficas más

relevantes para la presentación del área de estudio. En la tabla 3.1 se expresan los elementos que componen la leyenda de este mapa, a través de una figura representativa de la realidad geográfica que se desea mostrar, su codificación en el lenguaje simbólico y su significado. Cabe mencionar que estos dos últimos componentes son los mismos que se expresan en la leyenda del mapa.

Tabla 3.1. Simbolismo cartográfico del mapa general del área de estudio.

Realidad geográfica	Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
		Principales elevaciones	R 26 G 26 B 26	#1A1A1A
		Carretera	R 255 G 0 B 0	#FF0000
		Zona urbana	R 255 G 255 B 0	#FFFF00
(Línea imaginaria)		Límite Municipal	R 26 G 26 B 26	#1A1A1A

Fuente: elaborado con base en INEGI (s/f).

Cabe mencionar que los signos propuestos para este mapa están basados en el *Catálogo de símbolos y sus especificaciones para las cartas topográficas* publicadas por el INEGI, apegándose a las normativas descritas para la escala 1:250,000 –que es la más cercana a la escala de este proyecto–, pero aplicando criterios de generalización cartográfica y las posibilidades de manejo de los signos cartográficos en la plataforma *Story Maps*.

La tabla 3.2 muestra los colores seleccionados con el fin de hacer explícitos los criterios cartográficos para su comprensión y estudio. En este contexto, cabe mencionar que para este proyecto seleccionó el sistema de colores RGB dado que los mapas serán proyectados a través de un monitor; al respecto, Dent *et al.* (2009), Tyner (2010), y Brewer (2016), entre otros, han señalado que el sistema RGB se

basa en las teorías aditivas del color (colores luz) y deben ser usados para el diseño de mapas donde se ve implicado su despliegue en pantallas.

Así también, la tabla 3.2 explicita el valor del color en el sistema hexadecimal, que es la variante del sistema RGB para páginas *web* y es el usado por la plataforma.

b) Mapa de climas

El mapa de climas en la RBMM deriva del presentado en la figura 2.7 de esta investigación que evidencia las unidades climáticas predominantes en el área de estudio. En la tabla 3.2 se expresan los elementos que componen la leyenda de este mapa, a través de una figura representativa de la realidad geográfica que se desea mostrar. En palabras de Gómez Escobar (2004) el color debe ser selectivo y asociativo; por ejemplo, el verde en diferente tono o valor o grados de saturación evoca las diferencias de humedad y temperatura de un bosque tropical o templado. Tal simbología se replica en su mapa correspondiente en la cartografía interactiva generada.

Tabla 3.2. Simbolismo cartográfico del mapa de climas











Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	(A) C (w1) Semicálido subhúmedo	R 255 G 235 B 175	#FFEBAF
	(A) C (wo) Semicálido subhúmedo	R 255 G 255 B 0	#FFFF00
	Aw1 Cálido subhúmedo	R 255 G 170 B 0	#FFAA00
	C (w1) Templado, subhúmedo	R 85 G 225 B 0	#55FF00
	C (w2) Templado, subhúmedo	R 56 G 168 B 0	#38A800
	Cb' (w2) Semifrío, subhúmedo	R 2 G 112 B 66	#02703F









Fuente: elaborado con base en García, 1998.

c) Mapas de tendencia de temperatura

Los mapas de tendencia de la temperatura máxima y mínima contienen de origen una importante inversión cartográfica del autor, y se presenta acorde con diversos criterios expresados por Gómez Escobar (2004); por esta razón, es posible proseguir en la búsqueda de los colores apegados a la propuesta de Galván (2019), donde los cálidos (rampa de rojo) representan el aumento en la tendencia de la temperatura, y los fríos (rampa de azul) el descenso de la temperatura. La tabla 3.3 muestra el simbolismo usado para ambos mapas.

Tabla 3.3. Simbolismo cartográfico de los mapas de tendencia de la temperatura.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	0.06 a 0.07 °C	R 131 G 13 B 0	#830D00
	0.05 a 0.06 °C	R 181 G 25 B 2	#B51902
	0.04 a 0.05 °C	R 235 G 35 B 0	#E12300
	0.03 a 0.04 °C	R 233 G 62 B 24	#E93E18
	0.02 a 0.03 °C	R 254 G 99 B 77	#FE634D
	0.01 a 0.02 °C	R 255 G 140 B 133	#FF8C85
	0 a 0.01 °C	R 252 G 181 B 175	#FCB5AF
	-0.01 a 0 °C	R 247 G 249 B 252	#F7F9FC
	-0.02 a -0.01 °C	R 219 G 238 B 243	#DBEEF3
	-0.03 a -0.02 °C	R 212 G 228 B 251	#D4E4FB

	-0.04 a -0.03 °C	R 170 G 196 B 253	#AAC4FD
	-0.05 a -0.04 °C	R 117 G 167 B 254	#75A7FE
	-0.06 a -0.05 °C	R 54 G 137 B 255	#3689FF
	-0.07 a -0.06 °C	R 4 G 96 B 255	#0460FF
	-0.08 a -0.07 °C	R 0 G 87 B 213	#0057D5
	-0.09 a -0.08 °C	R 1 G 66 B 166	#0142A6
	-0.10 a -0.09 °C	R 1 G 48 B 120	#013078
	-0.11 a -0.10 °C	R 0 G 30 B 90	#001E5A

Fuente: elaborado con base en Galván, 2019 y fundamentos teóricos de Brewer, 2016 y Gómez Escobar, 2004.

Esta selección de color está asociada con el concepto de los *esquemas divergentes* (Brewer, 2016) donde deben destacar los valores altos y bajos. En la transición de valores positivos a negativos, este mapa se modeló con la técnica de rompimiento crítico en la serie de datos y, por consiguiente, hay ausencia de color neutro que haga transitar por las rampas de colores.

Como puede apreciarse, la variedad de colores propuesta por Galván es amplia, y la plataforma *Story Maps* no posee, en los colores preestablecidos, toda esta posibilidad (figura 3.7); no obstante, es posible ingresar otro color en el sistema hexadecimal y así apegarse lo más posible a la propuesta del autor.

Figura 3.7. Colores de la simbología para las capas en Story Maps.










Fuente: Plataforma *Story Maps*, Esri.

d) Mapas de temperatura máxima actual y escenario a 25 años

Los mapas de temperatura máxima actual y el escenario a 25 años fueron dados con aporte cartográfico de la autora Yessica Sandoval, a ellos se les adecuó la rampa de colores más acorde al fenómeno a representar siguiendo los criterios de Gómez Escobar (2004). En ellos se presenta una rampa de tonalidades rojas para la representación de temperaturas cálidas. La tabla 3.4 muestra el simbolismo usado para ambos mapas.

Tabla 3.4. Simbolismo cartográfico de los mapas de temperatura máxima actual y el escenario a 25 años.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	28 a 30 °C	R 223 G 167 B 167	#DFA7A7
	30 a 32 °C	R 223 G 112 B 112	#DF7070
	32 a 34 °C	R 223 G 56 B 56	#DF3838
	34 a 36 °C	R 233 G 0 B 0	#DF0000
	36 a 38 °C	R 191 G 0 B 0	#BF0000
	38 a 40 °C	R 159 G 0 B 0	#9F0000
	40 a 42 °C	R 128 G 0 B 0	#800000
	42 a 44 °C	R 96 G 0 B 0	#600000









Fuente: elaborado con base en los fundamentos teóricos de Gómez Escobar, 2004.

La selección de colores busca una asociación entre la rampa de colores cálidos y la representación de las temperaturas máximas para ambos mapas, los cuales representan valores altos en temperatura; con ello se retoma el criterio de Gómez Escobar (2004).

e) Mapas de escenarios de temperatura mínima actual y a 25 años

Los mapas de temperatura mínima actual y el escenario a 25 años fueron dados con aporte cartográfico por la autora, la rampa de colores buscó asemejarse a los dados en su trabajo el cual corresponde con los criterios de Gómez (2004) para la representación de tonalidades frías como lo son las temperaturas mínimas. La tabla 3.5 muestra el simbolismo usado para ambos mapas.

Tabla 3.5. Simbolismo cartográfico de los mapas de temperatura mínima actual y el escenario a 25 años.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	-12 a -10 °C	R 1 G 48 B 120	#013078
	-10 a -8 °C	R 1 G 66 B 166	#0142A6
	-8 a -6 °C	R 1 G 48 B 120	#0057D5
	-6 a -4 °C	R 1 G 48 B 120	#0460FF
	-4 a -2 °C	R 4 G 96 B 255	#3689FF
	-2 a 0 °C	R 117 G 167 B 254	#75A7FE
	0 a 2 °C	R 170 G 196 B 253	#AAC4FD
	2 a 4 °C	R 212 G 228 B 251	#D4E4FB









Fuente: elaborado con base en los fundamentos teóricos de Gómez Escobar, 2004.

La selección de colores busca una asociación entre la rampa de colores fríos y la representación de las temperaturas mínimas para ambos mapas.

f) Mapas de precipitación actual y de escenario a 25 años.

Los mapas de precipitación actual y de escenario a 25 años fueron dados con aporte cartográfico por la autora, la rampa de colores buscó asemejarse a los dados en su trabajo, pero con modificaciones en el color para asemejar las cualidades del fenómeno a representar según los criterios de Gómez Escobar (2004) para la representación de la humedad como lo es la precipitación. La tabla 3.6 muestra el simbolismo usado para ambos mapas.

Tabla 3.6. Simbolismo cartográfico de los mapas de precipitación actual y de escenario a 25 años.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	58 a 80 mm.	R 128 G 255 B 255	#80FFFF
	80 a 110 mm.	R 64 G 255 B 255	#40FFFF
	110 a 140 mm.	R 0 G 255 B 255	#00FFFF
	140 a 170 mm.	R 0 G 223 B 223	#00DFDF
	170 a 200 mm.	R 0 G 191 B 191	#00BFBF
	200 a 230 mm.	R 0 G 159 B 159	#009F9F
	230 a 260 mm.	R 0 G 128 B 128	#008080
	260 a 269 mm.	R 0 G 96 B 96	#006060








Fuente: elaborado con base en los fundamentos teóricos de Gómez Escobar, 2004.

La selección de colores busca una asociación entre la rampa de colores y la representación de cantidades de precipitación para ambos mapas.

g) Mapas de tormentas y granizo

Los mapas de tormentas y granizo fueron generados sin aporte de la autora lo cual dio libertad en la metodología y procesos llevados a cabo para su elaboración. Con base en los criterios de Gómez Escobar (2004), se buscó una representación que relacione la frecuencia periódica y dinamismo con la que ocurren los fenómenos representados en la región bajo estudio. La tabla 3.7 muestra el simbolismo usado para el mapa de granizo y la tabla 3.8 para el mapa de tormentas.

Tabla 3.7. Simbolismo cartográfico del mapa de granizo.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	0 a 1 evento anual	R 100 G 156 B 49	#649C31
	1 a 2 eventos anuales	R 198 G 206 B 22	#C6CE02
	2 a 3 eventos anuales	R 244 G 237 B 1	#F4ED01
	3 a 4 eventos anuales	R 213 G 162 B 9	#D5A209
	4 a 5 eventos anuales	R 211 G 131 B 6	#D38306
	5 a 6 eventos anuales	R 220 G 81 B 0	#DC5100
	6 a 7 eventos anuales	R 225 G 35 B 0	#E12300

Fuente: elaborado con base en los fundamentos teóricos de Gómez Escobar, 2004.

Tabla 3.8. Simbolismo cartográfico del mapa de tormentas.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	0 a 5 eventos anuales	R 100 G 156 B 49	#649C31
	5 a 10 eventos anuales	R 198 G 206 B 22	#C6CE02
	10 a 15 eventos anuales	R 244 G 237 B 1	#F4ED01
	15 a 20 eventos anuales	R 213 G 162 B 9	#D5A209
	20 a 45 eventos anuales	R 225 G 35 B 0	#E12300

Fuente: elaborado con base en los fundamentos teóricos de Gómez Escobar, 2004.

La selección de colores busca una asociación que sintonice con el dinamismo de los fenómenos para poder representar la cantidad de eventos para ambos mapas; además de generar la perspectiva de peligro mediante colores cálidos (hacia el rojo) o relativa tranquilidad mediante colores fríos (hacia el verde).

h) Mapa de sitios de observación fenológica.

El mapa de sitios de observación fenológica fue generado sin aporte de la autora Rocío Reyes, lo cual dio libertad de representación al momento de su elaboración; debido a que se trata de un lugar puntual se buscó una representación que resalte en el espacio geográfico. La tabla 3.9 muestra el simbolismo de usado para el mapa de sitios de observación fenológica.

Tabla 3.9. Simbolismo cartográfico del mapa de sitios de observación fenológica.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
•	Sitio de observación	R 230 G 0 B 0	#E60000

Fuente: elaborado con base en los fundamentos teóricos de Gómez Escobar, 2004.

La presente selección de color se eligió en busca de una representación llamativa para resaltar la importancia de ese lugar, además de destacarlo con respecto al fondo dado por el mapa base.



i) Elementos del mapa base

En el momento de establecer las características del proyecto, se tiene la posibilidad de elegir un mapa base que funja como soporte de la información temática. Para el proyecto se optó por el modelo del sombreado del relieve, que posee nombres geográficos, a fin de que esta información pudiera ser de utilidad a los futuros lectores del *story map* para realizar interpretaciones. Este mapa base tiene la ventaja de convivir armónicamente con los colores de la información temática.

Otros elementos del mapa base son las líneas que simbolizan el límite de la RBMM. Si bien estos rasgos pueden ser considerados para su implantación en áreas, es necesario tratarlos conceptualmente haciendo la referencia al límite del área y así poderlos representar como rasgo lineal para no ocultar o alterar la información temática que subyace. La tabla 3.10 muestra las especificidades del simbolismo cartográfico en torno a estas características de la reserva.

Es necesario decir que los colores seleccionados para los límites implicados en la RBMM son los mismos que los aplicados para las áreas de la reserva en el mapa general del área de estudio; esto con el fin de procurar congruencia en la cartografía.

Tabla 3.10. Simbolismo cartográfico para los límites implicados en la RBMM aplicados en la cartografía temática.

Símbolo	Significado	Color sistema RGB	Color sistema hexadecimal
	Límite de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	R 38 G 115 B 0	#267300
	Límite de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca	R 85 G 255 B 0	#55FF00

Fuente: elaborado con criterios derivados de la tabla 3.1

j) Tipografía seleccionada

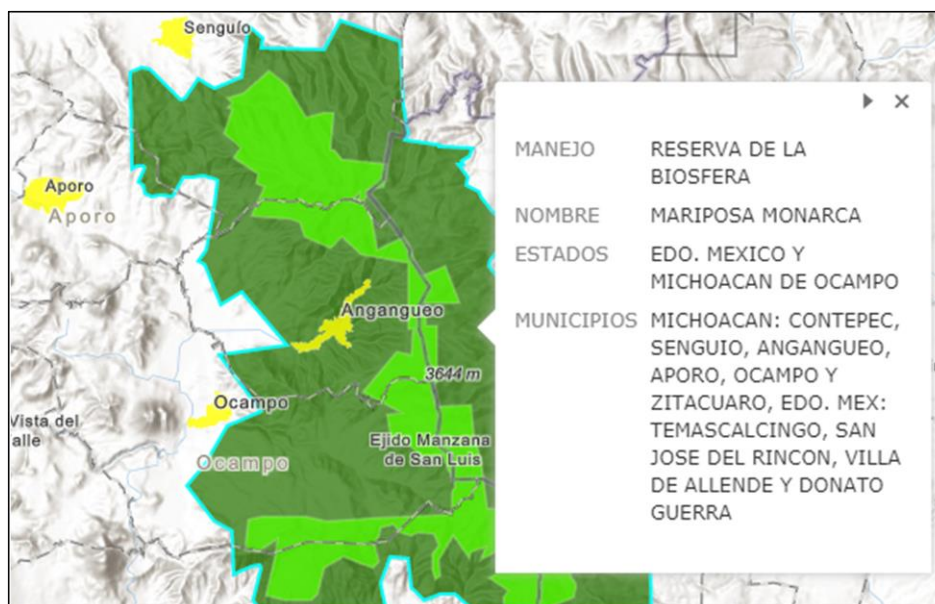
Retomando los escritos de Robinson *et al.* (1987) los tipos de rotulación utilizados para cubrir un mapa temático no debe cumplir con una variedad de funciones de un mapa general. En cambio, debe preocuparse que armonice con el fenómeno que busca representar utilizando sistemáticamente distinciones de estilo, forma y color (tono); por ejemplo, se pueden identificar características hidrográficas mediante tonos azules, mares con utilización de letras mayúsculas.

La plataforma Story Maps tiene una limitante en la rotulación de su contenido ya que las capas solo permite etiquetarlas con la fuente Arial y Arial Unicode MS; y para el título y la descripción del mapa en el panel flotante del *story map* las fuentes disponibles son Arial, Georgia, Lucida Sans Unicode, Tahoma, Times New Roman, Trebuchet MS y Verdana. Para esta propuesta se eligió la fuente Arial con la finalidad de mantener la homogenización.

3.3.2. Adecuación de los campos de las tablas de atributos

Una de las características de la plataforma Story Maps es la posibilidad de interacción con la información representada. Es así como es posible visualizar la información de las capas ingresadas al sistema; a través de los datos que contiene en la tabla de atributos (figura 3.8). Por ello, es recomendable eliminar las columnas con información irrelevante para el *story map*. De igual modo, se pueden agregar etiquetas eligiendo alguna de las columnas de la tabla de atributos.

Figura 3.8. Información de las capas en Story Maps.



Fuente: elaborado sobre la base del procesamiento de información en la plataforma *Story Maps*.

Para que las capas solamente desplieguen información útil los archivos utilizados, requieren un proceso de cambios en sus columnas que les permitan una adecuada

presentación, debido a eso se realizaron cambios en todos los archivos originales de los autores. La tabla 3.11 muestra los distintos archivos SHP que conforman el proyecto, dentro de ellos se manifiestan los campos finales en sus tablas y las características que serán visibles en la plataforma.

Tabla 3.11. Características de los campos de los archivos SHP para su representación en el *story map*.

Archivo SHP	Campo	Características	Información Representada	Unidades de medición
Carretera México-Morelia	Nombre	Texto	Nombre de la carretera	No Aplica
Carretera Toluca-Zitácuaro	Nombre	Texto	Nombre de la carretera	No Aplica
Localidades	Localidad	Texto	Nombre de la localidad	No Aplica
	Población	Numérico	Población en la localidad	Personas
Municipios colindantes	Población	Numérico	Población en el municipio	Personas
	Entidad	Texto	Nombre de la entidad	No Aplica
	Municipio	Texto	Nombre del Municipio	No Aplica
RBMM	Manejo	Texto	Categoría de Manejo como ANP	No Aplica
	Nombre	Texto	Nombre del ANP	No Aplica
	Estados	Texto	Estados donde se encuentra la reserva	No Aplica
	Municipios	Texto	Municipios donde se encuentra la reserva	No Aplica
Zona Núcleo	Nombre	Texto	Nombre del ANP	No Aplica
	Núcleo	Texto	Nombre del polígono núcleo	No Aplica

Principales Elevaciones	Nombre	Texto	Nombre de la elevación	No Aplica
	Altitud	Texto	Altura de la elevación	Metros
Precipitaciones actuales y a 25 años	Precipitación	Texto	Precipitación	mm.
	Área km ²	Numérico	Área	km ²
Temp. Max y Min actuales y a 25 años	Temperatura	Texto	Temperatura	C°
	Área km ²	Numérico	Área	km ²
Valor medio de cambio (C°/año) Temp. Min y Max	Temperatura	Texto	Temperatura	C°
	Área km ²	Numérico	Área	km ²
Promedio anual de eventos "Tormentas" y "Granizadas"	Eventos	Texto	Cantidad de eventos al año	Días con granizo o tormentas al año
	Sitio	Texto	Nombre del sitio de observación	N/A
Sitios de observación fenológica	Coordenadas X	Texto	Ubicación en coordenadas X (Longitud)	Grados en sistema sexagesimal.
	Coordenadas Y	Texto	Ubicación en coordenadas X (Latitud)	Grados en sistema sexagesimal.

Fuente: elaborado con base en los archivos generados para el *story map*.

3.3.3. Arreglo secuencial

En la fase final de este proceso, es necesario integrar las decisiones tomadas y guiar el proyecto hacia el objetivo de generar un proceso cognitivo en el lector. Entonces, más allá de una compilación de los mapas, es necesario presentarlos de tal manera que juntos emitan un mensaje, lo que se conoce en cartografía como arreglo secuencial (Mosquera *et al.*, 1994).

Estas consideraciones se enlazan, por ejemplo, con la perspectiva de Saltichev (1979: 133) al referirse a los atlas geográficos. En su texto, este autor define: “Se llama atlas geográfico a una colección sistemática de mapas geográficos que no están unidos mecánicamente; que integra un sistema de mapas relacionados orgánicamente entre sí, y que se completan unos a otros [...]”.

En este proyecto, los mapas constitutivos tienen una especialización de contenido común, relacionada con el clima, pero manifiestan singularidades; por ejemplo, algunos de ellos expresan situaciones actuales, otros, en cambio, representan proyecciones y tendencias lo que implica reflexionar sobre el cambio climático. Se puede deducir entonces que el mensaje cognitivo final que se busca generar en el lector refiere a obtener conciencia de que el clima es un proceso dinámico, pero más allá, que en tanto cambien las condiciones climáticas de la zona, se afectarán las realidades de vida de las especies de vegetación y fauna de la zona y muy especialmente de la mariposa monarca, como especie característica y trascendente a nivel internacional.

Con estos fundamentos, el orden propuesto para la presentación de los mapas es el siguiente:

- 1) **Localización geográfica del área natural protegida Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.** Se constituye por un solo mapa, de carácter general, que introducirá al lector para comprender la posición geográfica del área de estudio. En este sentido, muestra las ciudades principales que la circundan y los estados y municipios involucrados. Así también, contiene las vías de comunicación más relevantes de la zona.
- 2) **Condiciones climáticas actuales.** Consta de cuatro mapas, los cuales refieren las condiciones de temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y tipos de clima actual. En esta fase, el lector estará involucrado en comprender el comportamiento de estas características, que provienen del tratamiento estadístico de los datos que han sido registrados

directamente, por lo menos en 30 años anteriores a la fecha en la que han sido propuestos.

- 3) **Amenazas climáticas.** Se compone de dos mapas referentes a la presencia de granizo y tormentas. Denotan condiciones climáticas presentes, producto del procesamiento de los registros primarios durante, al menos, 30 años anteriores a su realización. Con estos mapas, el lector estará inmerso en situaciones climáticas que, eventualmente, pueden constituirse como peligrosas para la población y para las especies de flora y fauna, pero que son características actuales en la zona analizada.
- 4) **Tendencias de las temperaturas máximas y mínimas.** Se constituye de dos mapas: el de tendencia de la temperatura máxima y temperatura mínima. En esta fase, el lector empezará a notar el viraje del discurso del *story map* hacia el cambio climático. Como se ha mencionado anteriormente, estos mapas también provienen de los registros de 30 años anteriores a su elaboración; no obstante, existe un tratamiento derivado de las estadísticas primarias.
- 5) **Escenarios de temperatura y precipitación a 25 años.** Consta de tres mapas: temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación. Se prevé que el lector esté inmerso en el mensaje del cambio climático y pueda hacer comparaciones con los mapas de la segunda sección. Mediante comparaciones, visualizará los cambios que se prevén en la zona. Estos mapas también tienen como principio haber sido obtenidos de forma derivada de los registros climáticos primarios, aplicando formulaciones proyectivas a 25 años.
- 6) **Sitios de observación fenológica.** Se constituye por un mapa, el cual ofrece el posicionamiento geográfico de los sitios donde se monitorean los ciclos biológicos de especies vegetales, tanto naturales como cultivadas.

Para este proyecto, este mapa se perfila como información adicional que el lector deberá interpretar como un trabajo comunitario y participativo para el registro del comportamiento de estos recursos naturales, lo cual es relevante en los estudios sobre la influencia e impactos del clima en la vegetación.

Con este alcance visto, ahora es posible generar la nueva historia en la plataforma, y la primera decisión a tomar consiste en seleccionar el diseño del mapa (figura 3.9). Esto es fundamental, toda vez que es equivalente a decidir en una hoja impresa la composición para la hoja cartográfica –que Tyner (2010) concibe como la ejecución del diseño–, pero, aún más, se trata de elegir el formato más compatible con el arreglo secuencial.

Figura 3.9. Plantillas disponibles en la plataforma *Story Maps* para la representación de información geográfica.



Fuente: Story Maps (s/f).

- La plantilla *Tour* permite agregar un conjunto de fotos y videos vinculados al mapa, creado para recorridos turísticos a pie o secuencias de lugares de interes que cuenten una narracion.
- La plantilla *Journal* tiene aplicación cuando se desea combinar texto narrativo con mapas; este modo los organiza por secciones donde, al desplazarse en

cada una de ellas, se visualiza el contenido asociado e independiente a las demás, la cual puede contener un mapa, una fotografía o un video.

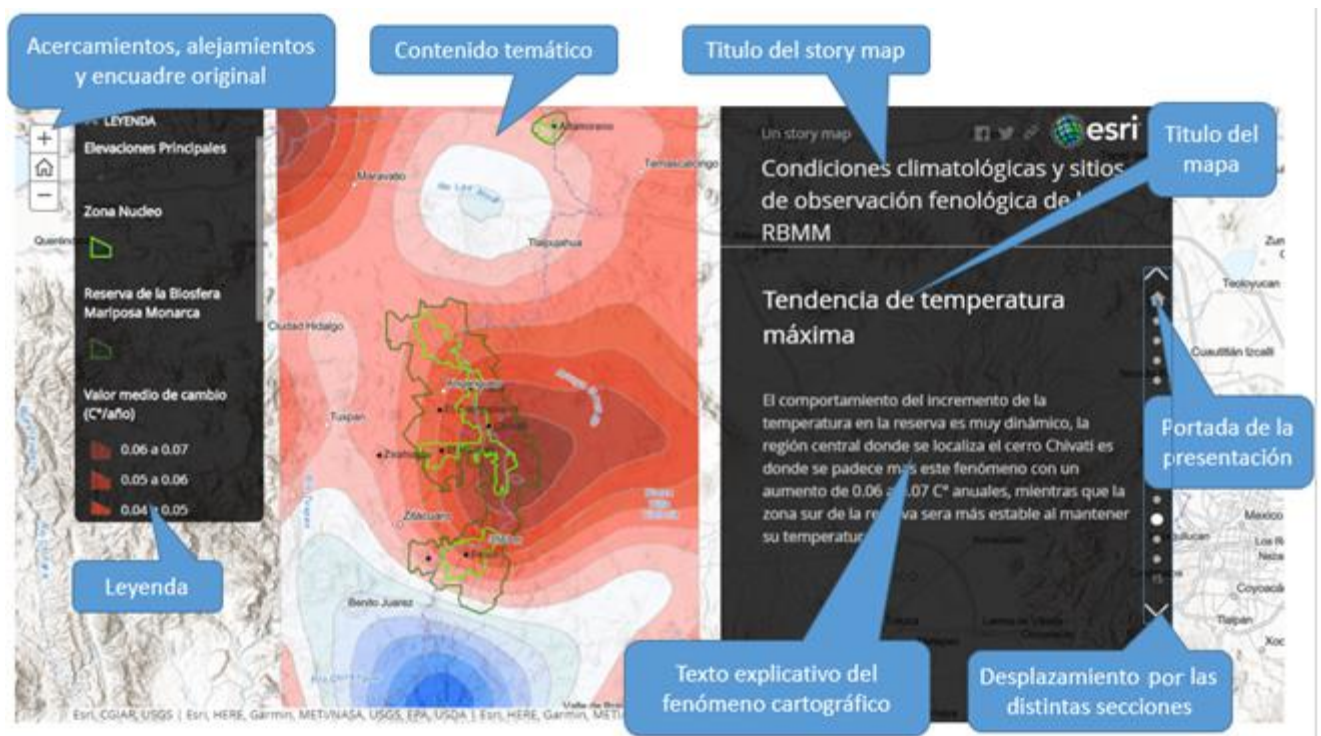
- La plantilla *Cascade* permite una combinación de texto narrativo con mapas, imágenes y contenido multimedia donde la experiencia de visualización se manifiesta en toda la pantalla con desplazamiento ascendente donde el contenido se hace presente al desplazarse por las secciones “inmersivas” de la historia. Este diseño está enfocado a la presentación de imágenes.
- La plantilla *Serries* presenta una serie de mapas de las que se pueden desplazar fácilmente a través de pestañas, viñetas numeradas o un panel lateral expandible dependiendo del diseño elegido entre los tres a elegir. Permite agregar imágenes, videos o contenido web integrado como otras aplicaciones o incluso otros “Story Maps”. Esta plantilla se enfoca en el texto de los mapas, más que en su contenido temático y es recomendable para pocas pestañas debido al espacio que destina para esta sección.
- La plantilla *Shortlist* permite organizar puntos de interés en pestañas, las cuales cambian al desplazarse por el mapa y visualiza los puntos de interés visibles en su panel lateral los cuales se actualizan de forma automática a medida que el usuario navega por el mapa mostrando los datos en las áreas en concreto.
- La plantilla *Swipe* permite comparar dos mapas con la función de poder “arrastrar” un panel de un lado a otro. La opción *Spyglass* con la que se produce una “lupa” que permite visualizar el contenido específico de otro mapa, es ideal para hacer comparaciones del mismo espacio geográfico en diferentes épocas, .
- La plantilla *Basic* presenta un mapa a través de una interfaz simple que agrega título, una leyenda permitiendo en una única vista la interpretación del usuario.

Una vez analizadas las opciones, se juzga que el diseño más adecuado para este proyecto es *Map Journal* con panel flotante, el cual destaca por su dinamismo para

mostrar información en secciones de forma corta y llamativa e ir narrando la historia que se busca en este proyecto.

Como resultado de este proceso, la figura 3.10 muestra los componentes de diseño establecidos para este proyecto.

Figura 3.10. Componentes de diseño considerados en la presentación de los mapas interactivos referentes al cambio climático y observaciones fenológicas en la RBMM.



Fuente: elaborado a partir de procesamiento en la plataforma *Story Maps*.

A través de los pasos y criterios ya mencionados, se realizó el trabajo cartográfico con los datos brindados por los participantes en el proyecto, con los cuales se generó el *story map* que está disponible en el siguiente enlace: <https://arcg.is/nlLfn>. Asimismo, en el anexo de esta investigación, se deja un registro impreso de los mapas elaborados.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en este proyecto de investigación se puede afirmar lo siguiente:

Se logró evidenciar la importancia de la Cartografía como un recurso fundamental y medio de comunicación esencial para el entendimiento del entorno, que ha sido utilizada desde hace siglos, y su desarrollo, por medio de las nuevas tecnologías, ha permitido mejorar los procesos, entendimiento y formas de comunicarnos a través de un lenguaje espacial.

El desarrollo de este trabajo permitió encontrar diversas instituciones y empresas que han desarrollado una gran variedad de *software* para la representación espacial, las cuales comparten formatos de representación, pero poseen alcances y procesos distintos que marcan la diferencia de cada uno de estos. Se hace valioso conocer las alternativas y posibilidades que hay para lograr nuestros objetivos como divulgadores cartógrafos.

Para la realización de esta investigación, se encontraron veinte programas vigentes al momento de su consulta; de ellos, nueve son libres y se pueden usar sin restricción, los otros once tienen una licencia para cual se requiere un pago monetario o permiso especial. La realización de este inventario fue útil para poder elegir de forma adecuada el SIG idóneo para generar los datos para elaboración los mapas interactivos, ya que estos tienen diferentes cualidades; de ahí derivó la utilización de ArcGIS de ESRI.

En cuanto a la investigación realizada para identificar plataformas de mapas interactivos, se encontraron siete que facilitaban la secuencia que se buscaba para el objetivo de esta investigación, pero *Story Maps* fue la que por su naturaleza, al ser parte de la misma empresa, cumple mejor las cualidades y logra una mejor presentación cartográfica.

Las plataformas interactivas conllevan un avance tecnológico para la cartografía y atienden las necesidades en la comunicación de la representación espacial, al ser cada vez más común el uso de equipos electrónicos, y menos requerido el uso del

papel para las actividades laborales y educativas. Además, abren la posibilidad de ser más efectivas a la hora de comunicar, al tener la capacidad de, no solo expresar información de forma visual, sino también contener videos o sonidos, lo cual permite que usuarios con alguna discapacidad visual puedan hacer uso de estas herramientas, a diferencia de un mapa en papel. Se prevé, por tanto, que en el futuro existan más plataformas para hacer mapas interactivos.

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca es, topológicamente, una geometría multiparte; esto es, un área con una misma cualidad, pero segmentada –en este caso en dos partes–. En este sentido, el ejercicio cartográfico realizado durante la caracterización físico-geográfica del área deja ver que diversos procesos adquieren continuidad fuera del área de estudio y también ahí está su explicación e influencia hacia el área; un ejemplo muy representativo de esto es la localización de las poblaciones. La característica multiparte del área de estudio, hace que tenga sentido que se pueda extender la representación más allá de los límites de la ANP, siendo esta su área próxima.

En esta tesis, no se usó el concepto área de influencia para este espacio circundante a la reserva, ya que se valoró que su aplicación conlleva implicaciones metodológicas; la delimitación de un área de influencia es objeto de otro u otros estudios geográficos.

Las herramientas digitales en la actualidad dan oportunidad a generar mapas de forma interactiva, pero para su elaboración se requieren conocimientos previos en Sistemas de Información Geográfica y Cartografía. *Story Maps* de ESRI resulta ser una herramienta muy completa y útil para la generación de mapas interactivos, ya que brinda una amplia diversidad de diseños y plantillas para elegir la que mejor se adapte a los propósitos deseados.

Debido a que en *Story Maps* los mapas están hechos para su visualización en diversos dispositivos y de forma *online*, los archivos que utiliza deben ser poco pesados y exclusivamente en formato SHP, lo que es una limitante en cuanto a la información que se puede representar.

Story Maps presenta otras limitaciones como: admitir solamente sistemas de coordenadas más comunes en sus archivos; limita la forma de representar las etiquetas, ya que no es posible cambiarlas de lugar o darles jerarquía; limita las fuentes y tamaño de la tipografía, tanto dentro del mapa como en las secciones y título del *story map*; la visualización de las tablas no es posible modificarla dentro de la plataforma y llega a representar los caracteres de forma errónea; la oferta de colores para la simbología de los mapas es limitada y requiere el uso de paletas de colores externas; además, desde un punto de vista estrictamente técnico de ejecución del trabajo, la plataforma suele descartar los cambios realizados a los mapas continuamente y hace obligatorio guardar cada modificación.

A pesar de las limitaciones, en la plataforma *Story Maps*, el diseño y posibilidades son muy amplias y dan una gran variedad de estilos con distintos diseños y cada uno con al menos una plantilla para poder generar una gran diversidad de productos y darle a la cartografía una herramienta más llamativa y eficaz para los usuarios, haciendo de ella un medio de comunicación eficaz para transmitir conocimiento.

Finalmente, la hipótesis planteada al inicio de esta investigación se comprueba afirmativamente ya que el diseño de mapas interactivos de las observaciones fenológicas y de los estudios de cambio climático en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca sí tuvo que ejecutar acciones de homogeneización de las diferentes expresiones cartográficas de origen. En la propuesta no se integró información gráfica (fotográfica, estadística o tabulada) debido a que no fue proporcionada por los autores; aunque ello no tuvo un peso significativo en la cartografía realizada.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, N.; Ortiz, A.; Bernand, O., 1998, *Principios de Cartografía Temática*; Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Alaric Sample, V., 1994, *Remote Sensing and GIS in Ecosystem Management*; Washington D.C., Island Press.
- Bolstad, P., 2016, *GIS Fundamentals. A first text on Geographical Information Systems*. Minnesota, USA: Eider Press.
- Boul, SW; Hole, F.D.; McCracken, R.J., 1998. *Génesis y clasificación de los suelos*; México, Trillas.
- Brewer, C., 2016. *Designing Better Maps. A Guide for GIS Users*. California, U.S.A.: Esri Press.
- Buzai, G.; Baxendale, C.; Humacata, L.; Principi, N., 2016, *Sistemas de Información Geográfica: Cartografía Temática y Análisis Espacial*; Buenos Aires, Lugar Editorial S.A.
- Buzai, G.; Moreno Jiménez, A.; Fuensalida, M.; Colsa, A., 2012, *Sistemas de Información Geográfica: Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geo ambientales*; España, RA-MA.
- Camargo B., A. & García C., R., 2011, *Evaluación de los Modelos de Reducción de escala en Generación de Escenarios de Cambio Climático en el Valle de Mexicali en México*, México: Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California.
- CCA, 2008, *Plan de América del Norte para la Conservación de la Mariposa Monarca*; Canadá, Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Conanp, 2001, *Programa de manejo de la reserva de la biosfera mariposa monarca*; México, CONANP.
- Conesa, C., 2005, *Tecnologías de la Información Geográfica: Territorio y Medio Ambiente*; España, Universidad de Murcia.
- Dent, Borden D.; Torguson, Jeffrey S.; Hodler, Thomas W., 2009, *Cartography. Thematic Map Design*; United States of America: Mc Graw Hill.
- Díaz, L., 1992, *Sistemas de Información Geográfica*; Toluca México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Dorling, D. y Fairbairn, D., 1997, *Mapping. Ways of representing the world*; England: Pearson.

- Eliane, C., 2013, *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*; Ciudad de México, UNAM.
- Espinoza Rodríguez, Luis Miguel, 2011, *Geomorfología en México: Una visión histórica, metodológica y aplicada*; Berlín Alemania, Editorial Academia Española.
- Estrada Espinosa de los Monteros, J., 1988, *Laboratorio de Cartografía*. México D.F.: Trillas.
- FAO, 2008, *Base referencial mundial del recurso suelo, un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional*; Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Roma, 2018.
- FAO, 2009, *Guía para la descripción de suelos*, ROMA, Fiat París.
- Fitz, P., 2008, *Cartografía Básica*; San Paulo, Brasil, Oficina de Textos.
- Franco, S. y Valdez, M. E., 2003, *Principios de la cartografía y cartografía automatizada*; México, UNAM.
- Galván, J. A., 2019, *La regulación del clima en áreas naturales protegidas. Estudio transescalar para la reserva de la mariposa monarca*; CDMX, UNAM.
- García, E., 1998 - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, '*Climas*' (*clasificación de Koppen, modificado por García*). Escala 1:1000000. México.
- Gómez Escobar, M., 2004, *Métodos y Técnicas de la Cartografía Temática*; CDMX, UNAM
- INEGI, 1977-1989, Conjunto de datos geológicos vectoriales escala 1:250, 000.
- INEGI, 1995-1997, Curvas de nivel de la república mexicana 1:250, 000.
- INEGI, 2011-2013, Uso de suelo y vegetación escala 1:250, 000 Serie V.
- INEGI, 2018, Áreas Geoestadísticas estatales 1:250000. escala: 1:250000. edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- INEGI (s/f). *Catálogo de Símbolos y sus Especificaciones para las Cartas Topográficas*. México: INEGI.
- INIFAP CONABIO, 1995; Edafología Escalas 1:250, 000 y 1: 1, 000, 000
- Johnston, C., 1998, *Geographic Information Systems in Ecology*; Duluth, Minnesota, Blackwell Science.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Última reforma publicada DOF 05-06-2018, CDMX, México, 28 de enero de 1988.

- López, J., 2005, *Sistemas de Información Geográfica en Estudios de Geomorfología Ambiental y Recursos Naturales*; México DF, UNAM.
- Lorenzo, R., 2001, *Cartografía Urbanismo y Desarrollo Inmobiliario*; España, Editoriales DOSSAT.
- Lugo Hubp, J., 2011, *Diccionario Geomorfológico*; México, D.F. Ciudad Universitaria, Instituto de Geografía.
- Maderey-R., y Torres-Ruata, C, 1990; '*Cuencas hidrológicas*' en *Hidrogeografía e hidrometría. IV.6.1. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4000000*. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Morrone, J. y Escalante, T., 2012, *Diccionario de Biogeografía*; Ciudad Universitaria México, Las prensas de ciencias.
- Mosquera, C.; Caballero, D.; Véliz, A.; Franco, S., 1994, "Organización y elaboración de los atlas de Camagüey y agropecuario y forestal de Pinar del Río, como ejemplos de atlas regionales y especiales" En: *Atlas regionales y especiales. Teoría y Práctica*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México.
- Obermeyer, N., 1994, *Managing Geographic Information Systems*; N.Y. USA, The Guilford Press.
- Otero, I.; Alcalá, A. R.; Arozarena, A.; Cabria, A.; Checa, M. T.; Chuvieco, E.; Fernández, M.; García, R.; Guitiérrez, J.; Rebato, M. J.; Rodríguez, R., 1995, *Diccionario de Cartografía*; Madrid, Ediciones Ciencias Sociales.
- Olaya, V., 2014, *Sistemas de Información Geográfica*.
- Peña, J., 2006, *Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio*; España, Club Universitario.
- Peña Monne, J. L., 1997, *Cartografía: Geomorfología Básica Aplicada*; España, Ediciones S.L.
- Reyes, R., 2016, *La observación fenológica comunitaria en la Reserva de la Mariposa Monarca; una alternativa de adaptación ante el cambio climático*; CDMX, UNAM.
- Robinson, A.; Sale, R.; Morrison, J.; Muehrcke, P., 1987, *Elementos de la cartografía*; Barcelona, España, Ediciones OMEGA.
- Saltichev, K., 1979, *Cartografía*; La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- Tyner, J., 2010, *Principles of Map Design*; New York, The Guilford Press.

Valdez L., J. R.; Escalona M., M. J.; Fernández O., Y. M., 2015, *Avances y Perspectivas de la Geomática con Aplicaciones Ambientales, Agrícolas y Urbanas*; Colegio de Postgrados.

Velasco, A., 2009, *Análisis teórico metodológico del geosoftware ARCVIEW 3.2 para elaborar cartografía temática automatizada*; Ciudad Universitaria, UNAM.

FUENTES ELECTRONICAS

ArcGis, 2016, EUA, ESRI

[<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/cartography-toolbox/smooth-polygon.htm>; consultado en agosto de 2019]

Arcmap, 2016, EUA, ESRI [<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/creating-new-features/about-feature-templates.htm>; consultado en septiembre de 2020]

Arcmap, 2016, EUA, ESRI

[<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/classify-raster.htm>; consultado en septiembre de 2020]

Arcmap, 2018, EUA, ESRI [<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/tables/spatial-joins-by-feature-type.htm>; consultado en septiembre de 2020]

Arcmap, 2020, EUA, ESRI [<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/interpolate-irregular-data.htm>; consultado en septiembre de 2020]

Arcmap, 2020, EUA, ESRI

[<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/spatial-analyst/map-algebra/an-overview-of-the-rules-for-map-algebra.htm#>; consultado en septiembre de 2020]

Abaco Group, DbMAP suite 3D, Italia, ABACO S.p.A.

[<https://www.abacogroup.eu/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Animaps, Create and view beautifully informative animated maps, for free!

[Recuperado de <http://www.animaps.com/#!home>; consultado el 8 de octubre del 2019]

ArcGis, Introducción a ArcGIS, EUA, ESRI

[<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Capaware, Recorridos virtuales pros y contras.

[[http://www.capaware.org/index.php?option=com_content&view=article&id=](http://www.capaware.org/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=29)

[19&Itemid=29](http://www.capaware.org/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=29); consultado el 8 de octubre del 2019]

Carto, Solve spatial problems with the best data and analysis [Recuperado de <https://carto.com/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Cartalinx, creador de data Espacial, con énfasis en Topología.

[<http://www.gisits.com/cartalinx.html>; consultado el 8 de octubre del 2019]

CONANP, 2018 [<https://www.gob.mx/conanp/galerias/el-fenomeno-migratorio-estara-resguardado-por-un-operativo-permanente-de-la-policia-federal-pf-de-la-division-de-gendarmeria?idiom=es> consultado el 8 de octubre del 2019]

CONANP, 2019, Áreas Naturales Protegidas Decretadas

[http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm consultado el 8 de octubre del 2019]

CONANP, 2019, Información espacial

[http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info_shape.htm el 8 de octubre del 2019]

CONANP, 2020, Región

[<http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/rbmonarca/region.php> consultado el 17 de julio del 2020]

ERDAS Imagine Producción de Datos Territoriales

[<http://www.tecnogeo.es/soluciones/fotogrametria-teledeteccion-y-sig/erdas-imagine/#&panel1-1>; consultado el 8 de octubre del 2019]

GE, SmallWorld, EUA, General Electric

[<https://www.gegridolutions.com/geospatial/catalog/smallworld>

_core.htm; consultado el 8 de octubre del 2019]

Geoinnova, Cómo utilizar las Herramientas de Geoprocesamiento en Arcgis;

Pamplona, España [<https://geoinnova.org/cursos/como-utilizar-las-herramientas-de-geoprocesamiento-en-arcgis/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

GeoMedia, Dynamic GIS Mapping Software for a Changing World

[<http://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/geomedia/geomedia-dynamic-gis-mapping-software-changing-world>; consultado el 8 de octubre del 2019]

GeoPISTA, España [<http://geopista.es/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

GeoServer GeoServer is an open source server for sharing geospatial data

[<http://geoserver.org/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

GRASS GIS, OS Geo Project [<https://grass.osgeo.org/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

IDRISI Análisis GIS TerrSet, USA, Clark University

[<https://clarklabs.org/terrset/idrisi-gis/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

ILWIS ILWIS - Remote Sensing and GIS software, University of twente

[https://www.itc.nl/Pub/Home/Research/Research_output/ILWIS_-_Remote_Sensing_and_GIS_software.html; consultado el 8 de octubre del 2019]

Kosmo DEMto3D: Software libre para impresión 3D de mapas en relieve, Mapping

GIS [Recuperado de <https://mappinggis.com/tag/kosmo-2/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Mango, The Simple Online GIS, UK [<https://mangomap.com/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Maphub, Create interactive maps [<https://maphub.net/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Mapme, Build beautiful interactive maps with ease [<https://mapme.com/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

MapGuide MapGuide Project Home, OS Geo [<http://mapguide.osgeo.org/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Mapinfo Desktop GIS Application, Aabaco [<http://imagenesgeograficas.com/mapinfo.html>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Maptitude, Maptitude Software Para Crear Mapas Geográficos, Caliper [http://www.caliper.com/Maptitude/International/Espanol/software_de_cartografia.htm; consultado el 8 de octubre del 2019]

Mariposa Monarca, s/f, CONANP [<http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/rbmonarca/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Mira Mon, Presentación [http://www.creaf.uab.es/miramon/what_mm/ESP/index.htm; consultado el 8 de octubre del 2019]

My Maps, Google. [<https://www.google.com/maps/d/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

Open Jump, what.is.openjump? [<http://openjump.org/index.html>; consultado el 8 de octubre del 2019]

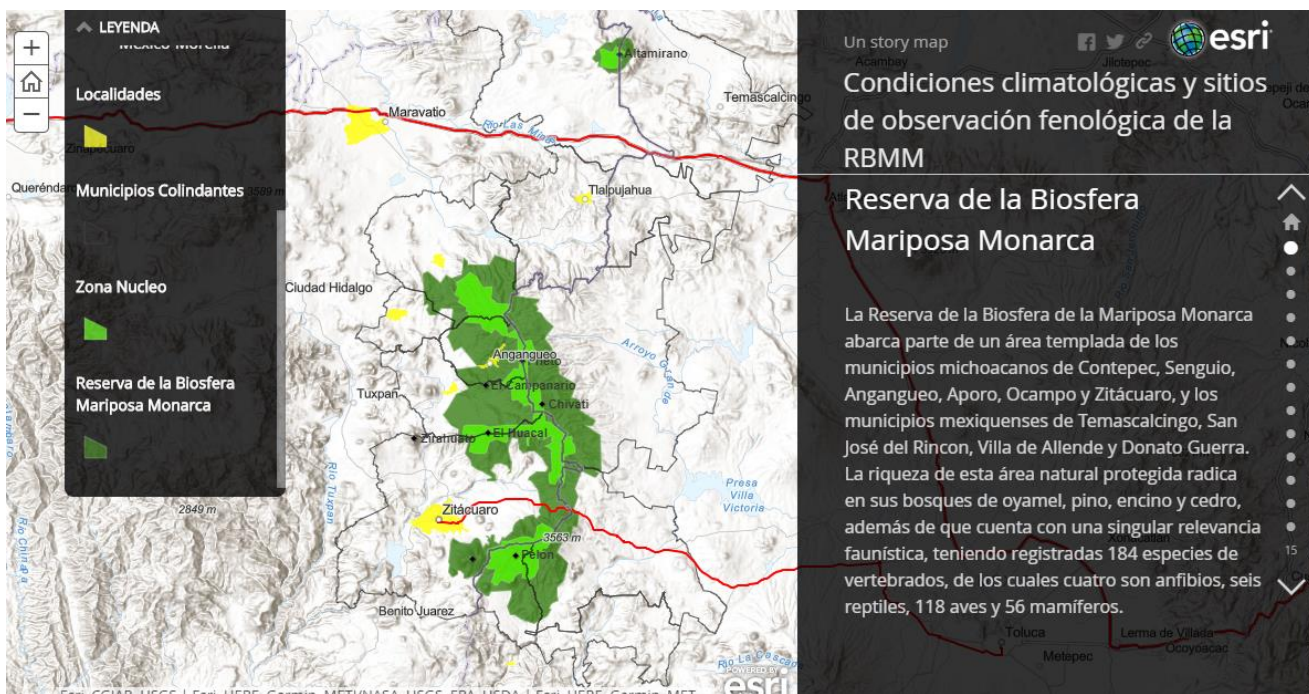
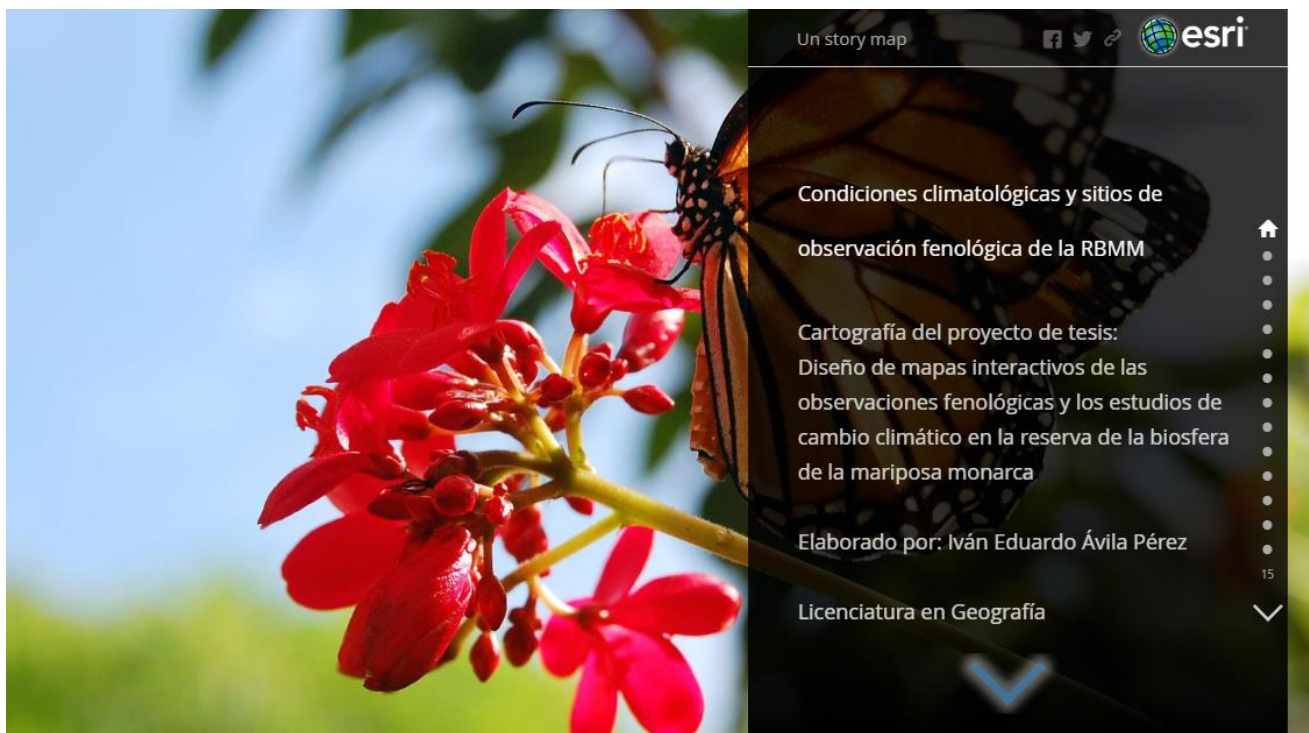
QGIS QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio [<http://qgis.org/es/site/about/index.html>; consultado el 8 de octubre del 2019]

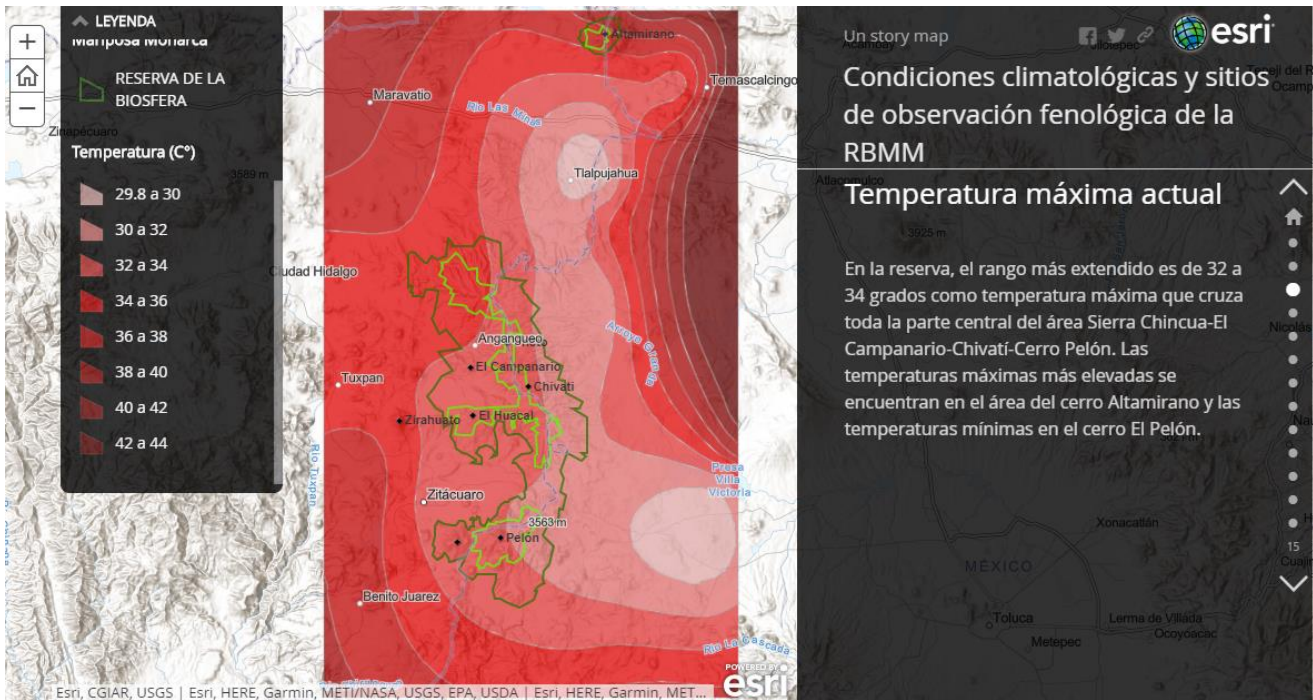
Story Maps, EUA, ESRI [<http://storymaps-classic.arcgis.com/es/my-stories/>; consultado el 8 de octubre del 2019]

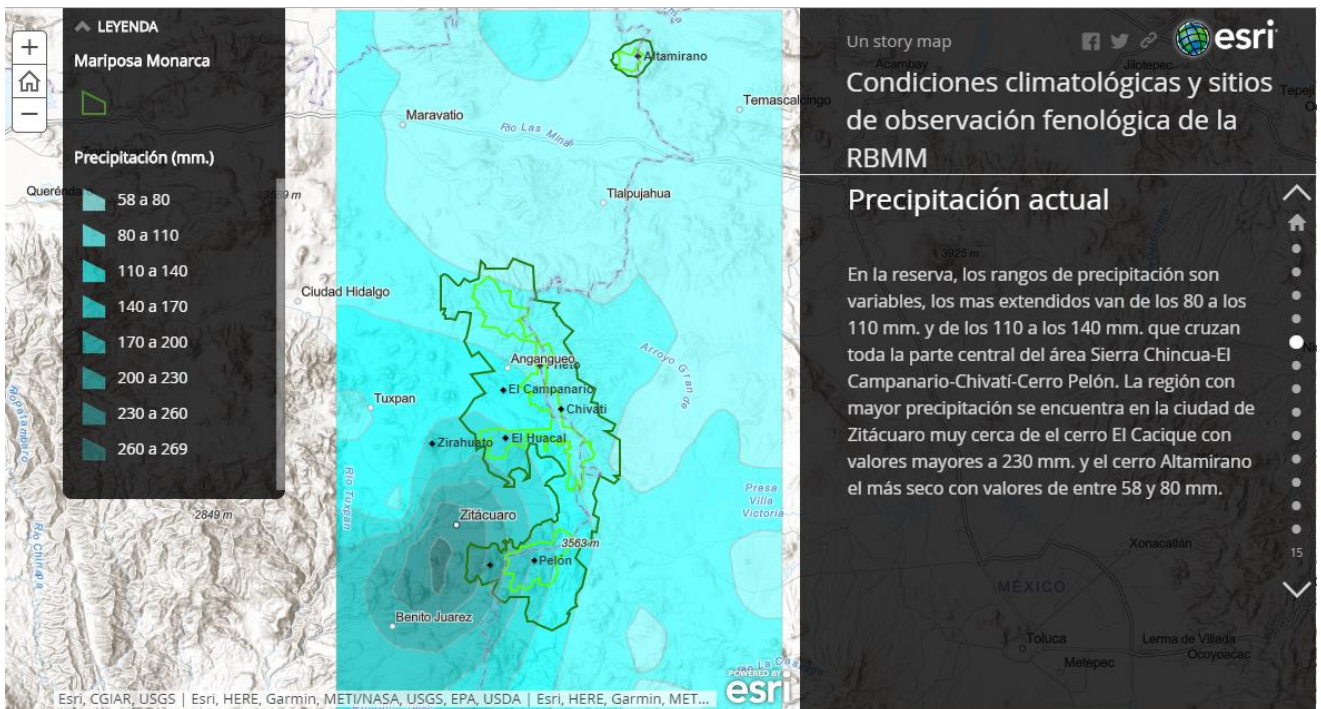
TransCAD TransCAD Transportation Planning Software [<http://www.caliper.com/tcovu.htm>; consultado el 8 de octubre del 2019]

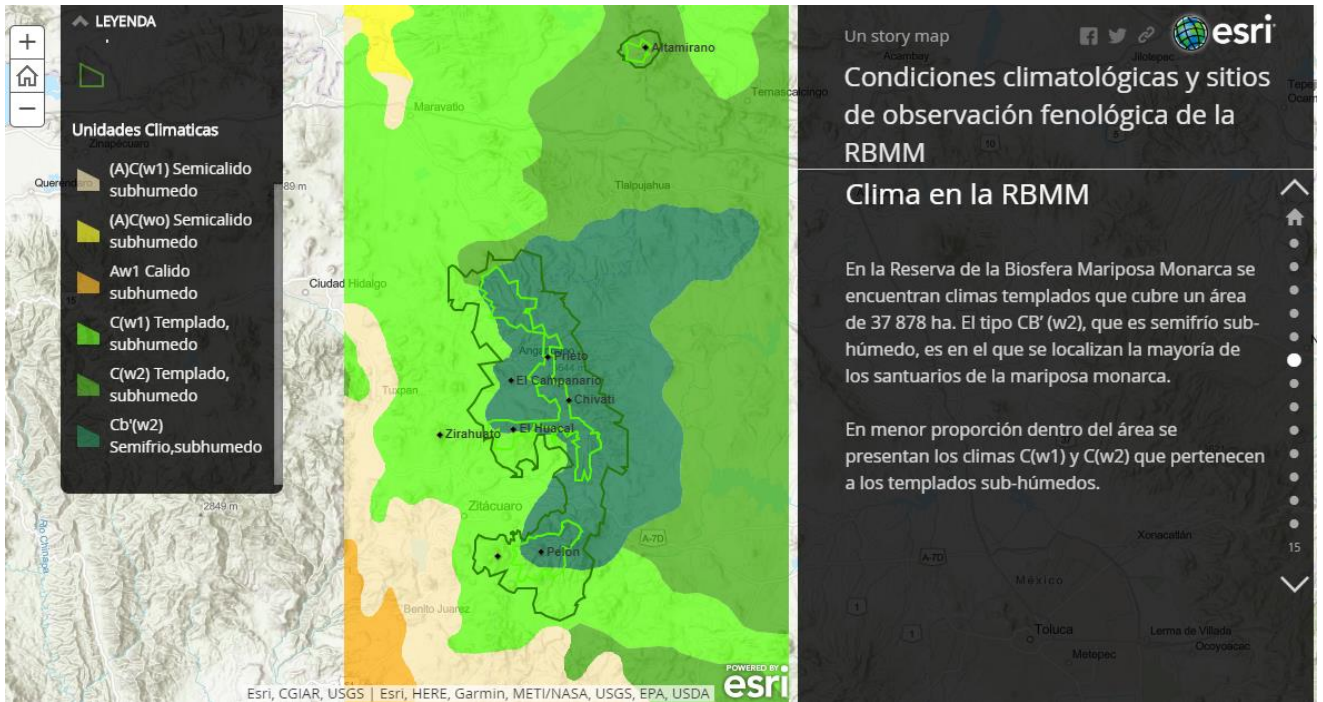
Anexo

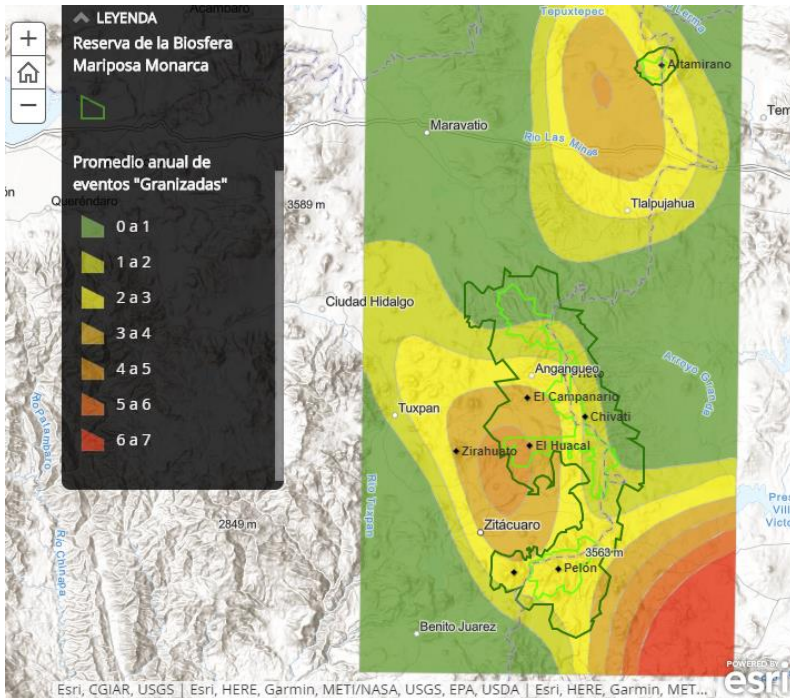
Registro impreso del trabajo que se realizó en la plataforma *Story Maps*.









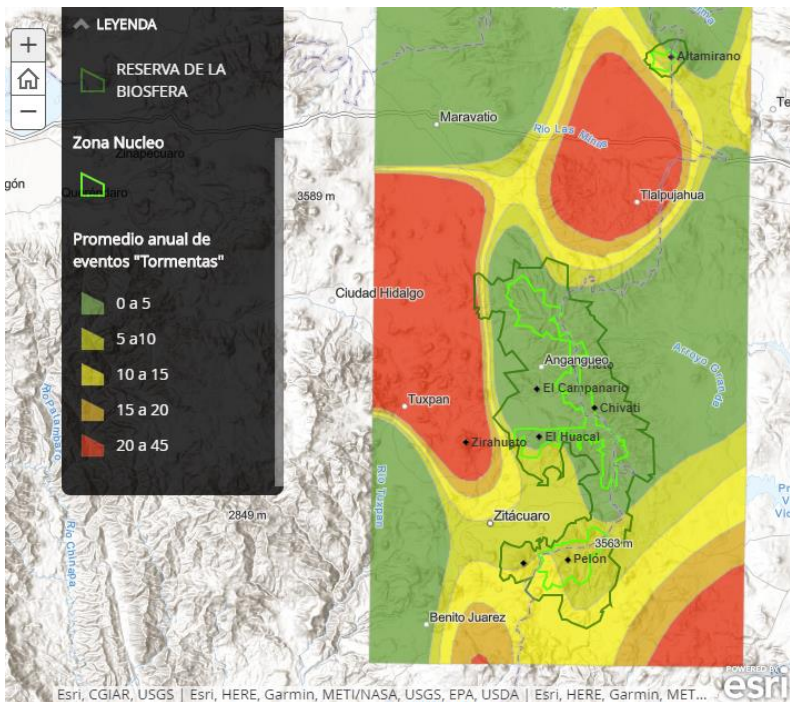


Un story map

Condiciones climatológicas y sitios de observación fenológica de la RBMM

Amenazas Climáticas "Granizo"

En la reserva, la mayor parte de su superficie presencia de 2 a 3 eventos de granizadas por año, pero destacando la región con mayor cantidad de eventos destaca el cerro El Huacal, donde se presencia hasta 5 eventos anuales.



Un story map

Condiciones climatológicas y sitios de observación fenológica de la RBMM

Amenazas climáticas "Tormentas"

En la reserva, la mayor parte de su superficie presencia solamente de 0 a 5 tormentas anuales pero la región sur de la misma destaca con un promedio de 10 a 15 de ellas, lugar donde se encuentra el cerro El Cacique.



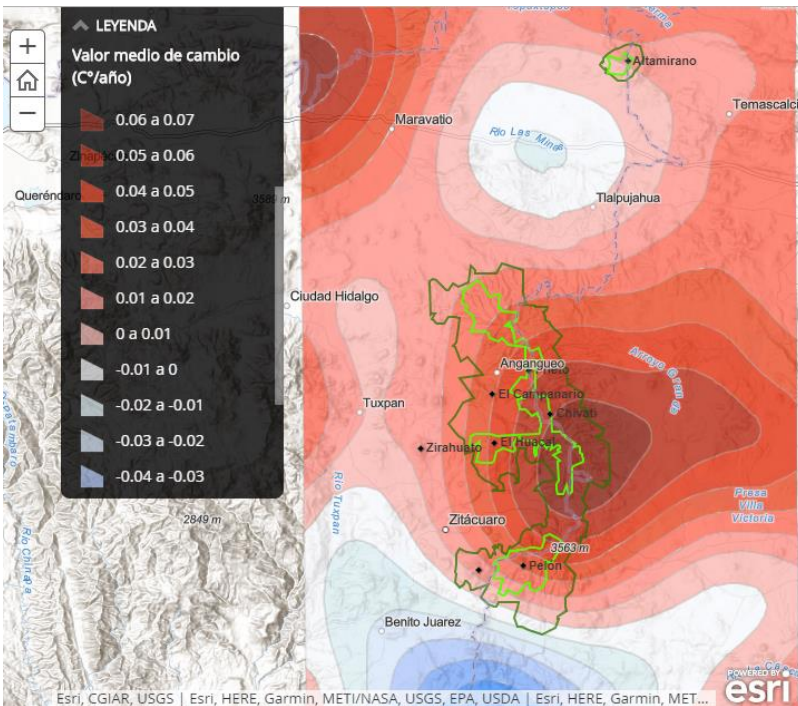
Un story map    

Condiciones climatológicas y sitios de observación fenológica de la RBMM

Tendencias de las temperaturas máximas y mínimas

Se constituye de dos mapas: el de tendencia de la temperatura máxima y el que corresponde a la temperatura mínima. En esta sección se observan espacios de incremento y decremento de las temperaturas, con base en los registros que se han llevado durante un período de 30 años (1979-2009)

15



Un story map    

Condiciones climatológicas y sitios de observación fenológica de la RBMM

Tendencia de temperatura máxima

El comportamiento del incremento de la temperatura en la reserva es muy dinámico. La región central, donde se localiza el cerro Chivatí, es donde se padece más este fenómeno con un aumento de 0.06 a 0.07 C° anuales, mientras que la zona sur de la reserva será más estable al mantener su temperatura.

15

