

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Áreas aptas para la observación de la naturaleza en la
Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca,
Michoacán y Edo. de México, México.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Libertad Nataly Sanabria Cruz

2113056529

ASESOR:

M. en SIG. Iván E. Roldán Aragón
Dpto. El Hombre y su Ambiente



Ciudad de México

09 de agosto de 2021

Resumen

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca es un Área Natural Protegida de incalculable belleza e importancia ecológica, cultural, económica y turística; reconocida a nivel mundial por el fenómeno migratorio de la mariposa monarca *Danaus plexippus* L., que atrae a miles de visitantes cada año; sin embargo, a pesar de su enorme valor en este campo, son pocas las investigaciones que se ha enfocado en el análisis de las potencialidades turísticas de la zona. En la presente investigación se evalúa la aptitud del territorio para la actividad ecoturística de caminata de observación de la naturaleza, implementando la metodología de análisis multicriterio y el uso de Sistemas de Información Geográfica para la toma de decisiones, para lo cual se establecieron seis factores de importancia para el turismo de observación en la reserva: vegetación y uso de suelo, zonificación establecida, costo de las entradas de la reserva a sitios de interés turístico, corrientes de agua, cuerpos de agua, y características específicas de cada sitio de interés; obteniendo mapas de áreas de aptitud y atractivos de mayor potencialidad para la observación de la naturaleza, con la finalidad de contribuir a un óptimo aprovechamiento de los recursos naturales y considerar las figuras de protección establecidas.

Palabras clave: Evaluación multicriterio, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, SIG, observación de la naturaleza, turismo de bajo impacto.

Abstract

The Monarch Butterfly Biosphere Reserve is a Protected Natural Area of incalculable beauty and ecological, cultural, economic and tourist importance; recognized worldwide for the migratory phenomenon of the monarch butterfly *Danaus plexippus* L., which attracts thousands of visitors every year; However, despite its enormous value in this field, few studies have focused on the analysis of the tourist potential of the area. In this research, the aptitude of the territory for the ecotourism activity of nature observation is evaluated, implementing the multicriteria analysis methodology and the use of Geographic Information Systems for decision-making, for which six factors of importance for observation tourism in the reserve: vegetation and land use, established zoning, cost of reserve entrances to sites of tourist interest, streams, bodies of water, and specific characteristics of each site of interest; Obtaining maps of areas of aptitude and attractions with the greatest potential for observing nature, in order to contribute to an optimal use of natural resources and consider the established protection figures.

Keywords: Multi-criteria evaluation, Monarch Butterfly Biosphere Reserve, GIS, nature observation, low impact tourism

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por todas las oportunidades y experiencias invaluableles que me ha brindado, las que me han configurado como persona y profesionista.

A mi asesor el Maestro en SIG Iván Ernesto Roldán Aragón, por su paciencia, gran apoyo, comprensión y enseñanzas durante el desarrollo de esta investigación y durante mi estancia como estudiante de la licenciatura en Biología.

Al Doctor José López García, por su comprensión, confianza y enseñanzas. En especial agradezco su ayuda con los datos proporcionados para la realización de la presente investigación.

A Hermes Martín García Rodríguez y José de Jesús Orosco, grandes amigos y compañeros de vida, por su apoyo y presencia en esta y muchas otras aventuras.

A Daniel Bonilla Melgosa por su apoyo, en la más ardua parte de este trabajo. Por su incansable amor, cuidado y compañía en los días felices y en los días sombríos.

A los animales, aquellos seres que hacen maravilloso el mundo.

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	2
2.1. El ecoturismo en México	2
2.2. Áreas Naturales Protegidas en México y la RBMM	3
2.3. Turismo de bajo impacto y turismo sustentable en la RBMM.....	3
2.4. Perfil del turista.....	4
2.5. Sistemas de Información Geográfica, análisis multicriterio y manejo de recursos naturales.....	5
2.6. Tipos de factores en el análisis multicriterio	7
3. Objetivo general.....	8
4. Objetivos particulares	8
5. Área de estudio.....	8
6. Metodología.....	12
6.1. Diseño del análisis y factores a evaluar.....	12
6.2. Factor continuo.....	12
6.2.1 Factor 1. Costo distancia-pendiente.....	12
6.3. Factores Categóricos	15
6.3.1 Factor 2. Vegetación y uso de suelo	16
6.3.2. Factor 3. Cuerpos de agua	19
6.3.3. Factor 4. Corrientes	19
6.3.4. Factor 5. Zonificación.....	22
6.3.5. Factor 6. Atractivos.	25
6.4. Restricciones.....	27
6.5. Procesamiento de datos y obtención de la cartografía final.....	29
7. Resultados.....	29
7.1. Ponderación de los factores	29
7.2. Aptitud de los atractivos	30
7.3. Áreas de aptitud	34
8. Discusión	43
9. Conclusiones	46
10. Referencias.....	47

1. Introducción

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) conjunta diversos factores ecológicos, económicos y culturales que la convierten en un área primordial de conservación dentro del país, como se encuentra asentado en el programa de manejo para la RBMM (CONANP, 2001), el cual establece las zonas de manejo y uso de los recursos naturales que la conforman, así como las diversas actividades que pueden ser realizadas en cada una.

En materia ecológica resalta su gran importancia en el campo de la conservación de la diversidad biológica al presentar registradas cuarenta y nueve especies de hongos, cuatrocientas noventa y tres de plantas vasculares y ciento noventa y ocho de vertebrados, de los cuales cuatro son anfibios, seis reptiles, cincuenta y seis mamíferos y ciento treinta y dos aves. De las especies mencionadas anteriormente diez plantas vasculares, siete hongos y veinticuatro vertebrados están incluidos en la NOM-059-ECOL-1994 (CONANP, 2001).

En el ámbito turístico los santuarios de la mariposa monarca están considerados entre las cuatro bellezas naturales reconocidas por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad en México (SEMARNAT, s.f.), recibiendo una gran cantidad de visitantes al año debido al fenómeno de la migración de la mariposa. El programa de manejo de la RBMM establece como objetivo primordial en esta materia: *“el regular y ordenar la actividad turística con el fin de que sea una alternativa para los pobladores de la Reserva sin causar deterioro en el hábitat de la mariposa monarca y ecosistemas que lo componen”* (CONANP, 2001).

Por lo anterior y siguiendo los objetivos que se han establecido para el manejo de la Reserva, es de suma importancia realizar estudios que permitan una zonificación actualizada de la actividad ecoturística de observación de naturaleza al ser la actividad de mayor importancia llevada a cabo en el lugar, y que tomen en cuenta los posibles impactos que puedan derivarse de ella, así como el aprovechamiento sostenible de este servicio ecosistémico.

Aparte de las zonificaciones establecidas, realizar mapas específicos de zonificación turística que tomen en cuenta las áreas mayormente aptas para dicha actividad con base en criterios ecoturísticos y ecológicos puede contribuir a su mejor manejo, implementación y regulación. La incorporación de mapas de zonificación es importante por ser base para la determinación del uso de los espacios entre los habitantes, visitantes y la oferta de los recursos naturales que permiten orientar la toma de decisiones sobre las formas de actuación, buscando estrategias equilibradas de uso de los recursos que garanticen para las generaciones futuras, la sostenibilidad en términos ambientales, socioeconómicos y culturales;

además la zonificación y ordenación debe ser un ejercicio dinámico y flexible que pueda ser revisado y ajustado constantemente de acuerdo a las dinámicas sociales y ecológicas cambiantes (CRC, 2016).

Considerando la importancia de la zonificación, así como el enorme valor de la RBMM en materia turística, en la presente investigación se realizó un mapa de áreas aptas para la actividad ecoturística de observación de la naturaleza, utilizando la metodología de análisis multicriterio para la toma de decisiones; con la finalidad de contribuir a una adecuada implementación de la actividad, que responda a las necesidades ecológicas actuales de la zona y los objetivos del plan de manejo, priorizando la conservación del ecosistema y la potencialidad de los diversos espacios como atractivos turísticos que puedan impulsar la economía de la zona.

2. Antecedentes

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) define al ecoturismo como: *“Aquella modalidad turística ambientalmente responsable consistente en viajar o visitar áreas naturales con el fin de disfrutar y apreciar la naturaleza (así como cualquier manifestación cultural del presente y del pasado), que promueve la conservación, tiene bajo impacto de visitación y propicia un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales”* (Luna, 2004).

Por su parte, la Secretaría de Turismo de México (SECTUR, 2014), plantea los siguientes puntos dentro de alguna actividad turística para que pueda ser considerada dentro del ecoturismo:

1) Mínimos impactos al medio ambiente, 2) participación de las comunidades locales, 3) educación para la conservación, 4) maximizar la derrama económica en la comunidad, 5) convertirse en un medio de vida que permita cubrir las necesidades económicas de las comunidades.

Dentro del ecoturismo existen una gran variedad de actividades que van desde aquéllas de carácter general como el senderismo interpretativo, safari fotográfico, observación de flora o fauna hasta las más especializadas como la observación de aves, avistamiento de ballenas, participación en programas de rescate, como es el caso de los campamentos tortugueros, entre otras (SECTUR, 2006).

2.1. El ecoturismo en México

En México el turismo es una de las actividades de mayor importancia económica y social que genera una gran cantidad de empleos directos e indirectos (Flores *et al.*, 2010). En el caso específico del ecoturismo, durante las últimas tres décadas se han promovido ampliamente sus diversas actividades a

lo largo del país, considerándolo una alternativa para contribuir al desarrollo económico. Diversas instancias gubernamentales han definido variadas líneas de acción para el desarrollo de proyectos ecoturísticos, principalmente en áreas naturales protegidas y pueblos rurales (INEGI, 2010; Pinkus & Pinkus, 2015). Entre las actividades ecoturísticas mayormente realizadas en el país se encuentran la observación de flora, fauna, atractivos naturales, fósiles y ecosistemas, la observación sideral, y la observación de lugares de importancia geológica; así como la fotografía de la naturaleza, los proyectos de investigación biológica y los talleres de educación ambiental (Luna, 2004).

2.2. Áreas Naturales Protegidas en México y la RBMM

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) son zonas del país en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y su reglamento, el plan de manejo específico para cada una de ellas y los programas de ordenamiento ecológico pertinentes; están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley (CONANP, 2016).

Por ser un ejemplo de ecosistema preservado y de gran importancia la RBMM fue creada en el año 2000 y es administrada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Su importancia principal radica en albergar a la mariposa monarca *Danaus Plexippus* durante los meses de noviembre a marzo, fenómeno que atrae a miles de visitantes cada año.

2.3. Turismo de bajo impacto y turismo sustentable en la RBMM

Por ser la actividad turística más importante dentro de la RBMM, el plan de manejo distingue entre dos tipos de actividades turísticas ambientalmente responsables que pueden realizarse en la zona. Dicha distinción se utiliza dentro de la zonificación en donde se establecen las actividades que se permiten en cada área de la reserva y se enuncia de la siguiente manera (CONANP, 2001):

Turismo de bajo impacto: Actividad turística que promueve la conservación y el desarrollo local con actividades que no involucran una modificación sustantiva de las condiciones originales de los ecosistemas y promueven la educación ambiental entre los visitantes. Este tipo de turismo se caracteriza por no presentar ningún tipo de infraestructura de hospedaje, alimentación y de transporte mecanizado.

Turismo sustentable: Aquella modalidad turística ambientalmente responsable, consistente en visitar la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca sin alterar, con el fin de disfrutar o apreciar los atractivos naturales de dicha área, así como cualquier manifestación cultural a través de un proceso que promueva

la conservación y el desarrollo sustentable que propicie un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales, y en donde los recorridos, sitios de visita, servicios de hospedaje, transporte y alimentación se encuentran estructuralmente integrados al entorno natural y no causen alteraciones significativas.

Como se puede identificar, la principal característica distintiva entre estos dos tipos de turismo es la ausencia o presencia del uso o construcción de infraestructura. Con base en las definiciones del propio plan de manejo, particularmente la actividad de caminata de observación de naturaleza se encuentra dentro de la clasificación de turismo de bajo impacto.

2.4. Perfil del turista

El primer paso al elaborar un planteamiento que aborde zonas de mayor adecuación para la actividad de observación de naturaleza es establecer las actividades y gustos de las personas que realizarán recorridos en la zona, por ello es conveniente delimitar el perfil del turista que se toma en cuenta para el análisis.

Se ha identificado un perfil relevante para las actividades de observación natural, denominado ecoturista o admirador de la naturaleza, definido como un visitante que:

Busca contactar con la naturaleza, admirar la flora, la fauna y el paisaje y, generalmente, se documenta sobre los lugares que visita, gusta por los espacios protegidos y aprender sobre la naturaleza, al mismo tiempo son visitantes que tienen interés por respetar y cuidar las condiciones del entorno natural (Vera *et al.*, 1997).

Por otro lado, Báez (1996) define ocho características principales de los ecoturistas:

- 1) Se interesan por tener un contacto directo con la naturaleza.
- 2) Dispuestos e interesados en el intercambio cultural, la observación y el conocimiento de diferentes manifestaciones culturales.
- 3) Gustan del aprendizaje, se muestran activos y dinámicos.
- 4) Muestran un conocimiento previo sobre el destino que visitan, los recursos disponibles y las opciones de actividades que se pueden realizar en el lugar.
- 5) Son personas que generalmente cuidan de su condición física y anímica.
- 6) Gustan del contacto con las personas, las relaciones sociales y el establecimiento de lazos de amistad.

7) Buscan servicios personalizados y de calidad en sus viajes.

8) Generalmente se muestran dispuestos a colaborar con iniciativas que disminuyan el impacto negativo del turismo y el cuidado ambiental.

Basándose en las características antes citadas sobre este tipo de visitante, el ecoturista es una persona que puede preferir actividades que se realizan en sitios alejados de las ciudades, en donde pueda tener experiencias con el entorno natural; que permitan el contacto directo con las personas de la localidad, el intercambio de experiencias, el consumo de productos y de comida típica, el desplazamiento de largas distancias caminando o en un transporte no motorizado por caminos que pudieran ser accidentados o menos concurridos, actividades que brinden un servicio personalizado, y que eviten causar un daño a la comunidad o al ambiente (Entorno turístico, 2019).

2.5. Sistemas de Información Geográfica, análisis multicriterio y manejo de recursos naturales

En la actualidad los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están considerados tecnologías integradoras que permiten el análisis y predicción espacial y automatizada de incógnitas sobre localización, patrones, tendencias y condiciones de un fenómeno (Roldán *et al.*, 2003).

Dentro del manejo de recursos naturales los SIG han tenido diversas aplicaciones principalmente en: el manejo de plagas, enfermedades agrícolas y sistemas agropastoriles; la evaluación y manejo de fauna silvestre, estudios florísticos y etnobotánicos; identificación de focos de alto riesgo, evaluación de riesgos y su zonificación; planeación del paisaje de Áreas Naturales Protegidas y evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. Los SIG han permitido diversos avances en el estudio y manejo de los recursos naturales, al posibilitar la construcción de escenarios para la toma de decisiones en este campo (Roldán *et al.*, 2003).

Aplicados al manejo de recursos y en particular a los problemas de zonificación, diversos son los métodos utilizados según el objetivo propuesto; uno de ellos es el análisis multicriterio. Dicho paradigma aparece en la década de los años ochenta, a partir de planteamientos económicos y su principal propuesta es que la toma de decisiones no se establece en función de un objetivo y criterios únicos, se define por tanto como un conjunto de técnicas orientadas a apoyar los procesos de toma de decisiones, investigando un diverso número de alternativas cuando existen múltiples criterios y objetivos en conflicto. Aplicado en el campo de la planificación física del territorio y problemáticas medioambientales ha surgido como una novedosa vía metodológica, debido a la complejidad del medio natural, donde existen variables múltiples que interactúan entre sí y con las humanas convirtiendo a la evaluación multicriterio

en una metodología de gran operatividad (Santos, 1997). Este análisis establece dos tipos de criterios de evaluación para la toma de decisiones, los factores y las restricciones (Figura 1).

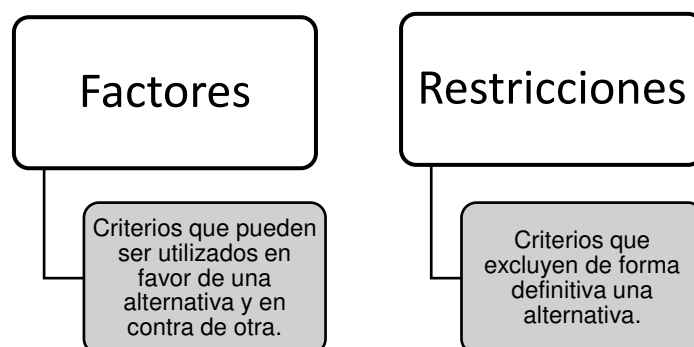


Figura 1: Definición de los factores y restricciones en el análisis multicriterio (Elaboración propia con información de Santos, 1997).

Por su parte los Sistemas de Información Geográfica al ser tecnologías capaces de organizar diversos datos de forma georreferenciada y evaluar los resultados alcanzados, de manera eficaz, han permitido la incorporación de la metodología de análisis multicriterio en el tratamiento y resolución de problemáticas ambientales y territoriales (Santos, 1997), como es el caso de las aptitudes y zonificaciones de diversas actividades turísticas en áreas naturales.

En México diversos autores han utilizado el análisis multicriterio enfocado a la evaluación del potencial turístico de los recursos naturales, como Franco y colaboradores (2009) quienes realizaron un análisis de las posibilidades de aprovechamiento recreativo turístico en el Parque Nacional Nevado de Toluca, considerando un inventario de diecinueve recursos de gran potencial para determinar los más aptos y proponer el desarrollo de nuevos productos turísticos que beneficien el desarrollo de las comunidades campesinas.

En 2014 Pérez y colaboradores, desarrollaron un software para determinar la aptitud ecoturística de diferentes áreas forestales en la sierra nevada de Texcoco, Estado de México. En su metodología se incluye la realización de encuestas a estudiantes y profesionales relacionados con el ecoturismo y el uso de cartografía que fue procesada en un software, utilizando el proceso jerárquico analítico de la evaluación multicriterio para generar un mapa de aptitud para actividades de campismo, caminata y día de campo.

Enríquez y colaboradores (2010) aplicaron la metodología de análisis multicriterio para la evaluación cuantitativa de los recursos del Parque Estatal Sierra de Nanchititla en el Estado de México, elaborando

un inventario de recursos disponibles y posteriormente evaluándolos mediante una matriz de valores normalizados que permitió obtener los recursos de mayor jerarquía; a partir de dicha evaluación se elaboraron propuestas de diseño de productos turísticos enfocados a los dos recursos donde se encontró mayor potencial dentro del parque.

En 2011 Serrano, Gastón y Cruz evaluaron la aptitud para el turismo de naturaleza en la Región Mazahua del Estado de México con un enfoque de sistemas complejos. En su estudio caracterizaron componentes naturales y socioculturales aplicando la metodología multicriterio multiobjetivo, generando mapas con rangos de aptitud para las actividades de cabalgata, ciclismo de montaña, escalada y rapel.

De forma similar en 2017 Vázquez y Vázquez utilizaron el análisis multicriterio para valorar 10 áreas con potencial para el aprovechamiento turístico y proponer un corredor turístico en donde se incluyan los atributos más importantes de la región del altiplano de San Luis Potosí; el corredor incluye tres municipios en los que se detectaron atributos del medio físico y cultural con potencial para la implementación y movilización de bienes y servicios turísticos.

2.6. Tipos de factores en el análisis multicriterio

Dentro del análisis multicriterio se distinguen dos tipos de factores: los discretos y los continuos, los primeros se pueden definir como propiedades que toman atributos particulares o específicos, mientras que los factores difusos se identifican como propiedades que pueden tomar diferentes valores más cercanos o alejados de un grupo de interés (Eastman, 2012^a).

Debido a que en el análisis multicriterio generalmente se trabaja con diferentes variables y medidas en unidades distintas, normalmente es necesario transformar las mediciones a unidades similares para que puedan compararse entre sí (Galarza *et al.*, 2011), proceso conocido como estandarización o normalización.

Dentro del manejo de los factores difusos se debe generar una función que permita calcular la pertenencia de cada variable y el comportamiento de esta en el grupo de interés. Esto ayuda a indicar la incertidumbre con la que podemos establecer que un elemento pertenece a un grupo en base a las características establecidas; cuanto se aleja o acerca a una clase, y de la misma forma nos permite llevar a cabo la ponderación para poder hacer comparaciones con otros factores evaluados (Eastman, 2012^a).

Una vez estandarizados los factores, el siguiente paso es definir el peso de cada uno de ellos, este procedimiento se refiere a la asignación de la relevancia que cada criterio tiene en la decisión que se evalúa; para lo anterior se debe tomar en cuenta la preferencia y/o la importancia que los expertos

manejan del objetivo en cuestión (Fuenzalida, 2012) y considerar las características específicas que cada criterio tiene en la decisión que se evalúa; los valores se asignan de forma jerárquica.

3. Objetivo general

Analizar la aptitud del territorio para la observación de la naturaleza dentro de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

4. Objetivos particulares

- Reconocer los atractivos turísticos con mayor potencialidad para la observación de la naturaleza en la reserva.
- Cartografiar la aptitud para la observación de la naturaleza dentro de la reserva.

5. Área de estudio

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca se ubica entre los estados de Michoacán (70% del área total) y Estado de México (30%) (Figura 2). Tiene una extensión de 56,259 ha., divididas en tres zonas núcleo con una superficie total de 13,551 ha. y cinco zonas de amortiguamiento que suman 42,707 ha. de superficie.

Presenta una gran variedad de microclimas y numerosas especies endémicas de flora y fauna (UNESCO, s.f.); se calcula que, durante el otoño, millones de mariposas monarcas *Danaus plexippus* L. procedentes de extensas áreas de América del Norte anidan en pequeñas zonas del bosque de la reserva; constituyendo un fenómeno migratorio que la ha convertido en un área natural mundialmente famosa (Broker, 1999); a su llegada la monarca se establece en los bosques de abeto u oyamel que mantienen una distribución restringida por encontrarse en laderas y cañadas húmedas de altitudes entre 2,400 y 3,600 metros sobre el nivel del mar. La preferencia de la especie por este tipo de ecosistemas se debe a que los árboles crean un microclima favorable para su anidación por su altura de entre 20 y 50 metros, así como las características de sus ramas densas y hojas aciculares; en estos sitios la intensidad de la luz es baja, la humedad alta, la temperatura estable y los movimientos provocados por el viento son lentos; al pasar de los meses las colonias de mariposa se comienzan a desplazar a los bosques de pino-encino que generalmente son menos densos que los primeros (SEMARNAT, 2016).

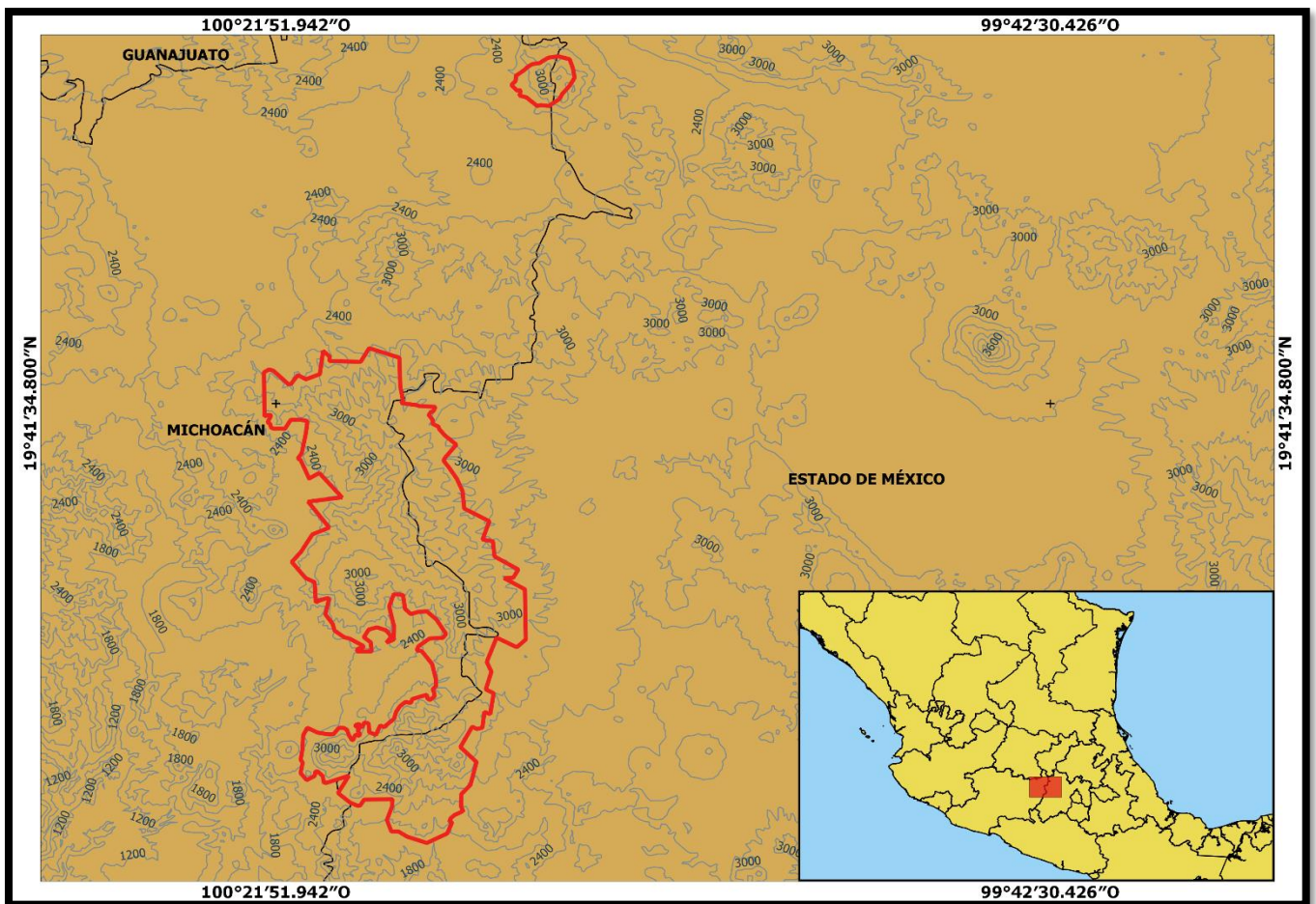


Figura 2: Localización de la RBMM

Presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 830 mm y una temperatura media anual de 15.7° C. (España *et al.*, 2019). La RBMM se encuentra dentro de la provincia fisiográfica del Eje Volcánico Transversal; su orografía se caracteriza por un sistema montañoso discontinuo, conformado por sierras y lomeríos, valles intermontanos y llanuras; las elevaciones más grandes conforman el corredor Sierra Chincua-Chivatí-Huacal; la altitud varía entre 2400 y 3600 msnm, con un relieve accidentado que forma fuertes pendientes con desniveles mayores a los 15 grados; el relieve está conformado por depósitos de brechas volcánicas y cenizas dando lugar a axalapascos y cuencas endorreicas (CONANP, 2001). El relieve montañoso que caracteriza al área está constituido por rocas volcánicas del Terciario que cubren secuencias metamórficas y sedimentos del Mesozoico (CONANP, 2001).

La Reserva se ubica en la vertiente del Pacífico, el 41.75% de la superficie pertenece a la porción norte de la región hidrológica nº 12 Lerma-Santiago y el 58.25% pertenece a la porción sur de la región

hidrológica nº 18 del Balsas. Al norte de la reserva el relieve volcánico da origen a una red hidrológica exorreica que pertenece a la región Lerma Santiago, por su parte la Sierra Chincua aporta corrientes permanentes con poca agua, a excepción de la corriente de Zapatero que forma pequeños cuerpos de retención; la Sierra el Campanario origina escurrimientos permanentes que abastecen a la presa de Zitácuaro y el acueducto Santa Bárbara, también existen escurrimientos provenientes de los Cerros Chivatí-Huacal que desembocan en la región del Balsas; al sur de la Reserva las corrientes permanentes se encuentran en el Cerro Piloncillo y las intermitentes en el Cerro El Cacique (CONANP, 2001). La alta permeabilidad de los suelos convierte a la región en una zona de importancia para la captación pluvial y recarga de acuíferos (CONANP, 2001).

Los principales tipos de vegetación de las áreas núcleo de la reserva, incluyen el bosque de oyamel dominado por *Abies religiosa*, diversos mosaicos compuestos por parches de bosque mesófilo de montaña, los bosques de encino, los matorrales de *Juniperus monticola*, los pastizales, y zacatales de *Festuca tolucensis* y *Muhlebergia macroura* (Casas, 2009). Forma parte de un área de transición entre las regiones neártica y neotropical, dentro de la provincia de las serranías meridionales pertenecientes al área mesoamericana de montaña, lo que explica la gran diversidad que posee, donde predominan las coníferas y asociaciones boscosas de pino-oyamel, pino, encino, oyamel y cedro (CONANP, 2001).

El espectáculo de observación de la mariposa monarca en espacios reducidos ha convertido a la RBMM en una de las Áreas Naturales Protegidas más visitadas del país. Debido a la gran afluencia de visitantes la CONANP establece lineamientos específicos para la entrada de visitantes y las actividades de observación de la mariposa monarca, dentro de ellos se especifica que las actividades anteriores solo pueden realizarse en los senderos autorizados oficialmente, y en grupos no mayores a 20 personas acompañadas de prestadores de servicios turísticos y guías autorizados (SEMARNAT, 2016). Del mismo modo existen 6 entradas a la reserva, conocidos como santuarios o paradores turísticos, que son los únicos puntos en los que se permite el acceso a los visitantes: en el Estado de México se localizan el Parador Turístico El Capulín y Macheros (cerro pelón) y el Parador Turístico La Mesa, mientras que en el estado de Michoacán se encuentran el Parador Turístico El Rosario, el Centro de Cultura para la Conservación Sierra Chincua y el Parador Turístico Senguío (SEMARNAT, 2016).

En materia de zonificación el plan de manejo establece 2 zonas y 7 subzonas de protección con la finalidad de:

“definir las diversas zonas de manejo y uso de recursos que conforman la reserva y definir para cada zona las condicionantes para el establecimiento de obras de infraestructura, asentamientos humanos, vías de comunicación, ecoturismo y desarrollo de proyectos productivos, así como establecer para cada

caso las acciones de conservación, restauración y protección necesarias para mantener las condiciones de cada zona (CONANP, 2001)". Dichas zonas se establecen de la siguiente forma:

Zonas núcleo: Contienen los recursos naturales de mayor relevancia, especies representativas de la biodiversidad de la región incluidas dentro de uno o más ecosistemas no alterados significativamente, o que requieren ser preservados o restaurados. También se encuentran las principales microcuencas de hibernación de la mariposa. Las zonas núcleo se encuentran subdivididas en:

- Subzonas de protección
- Subzonas de uso restringido

Zonas de amortiguamiento: Tienen como función orientar las actividades de aprovechamiento hacia el desarrollo sustentable, creando condiciones necesarias para la conservación de los ecosistemas. Se encuentran clasificadas en las siguientes subzonas:

- Subzonas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales
- Subzonas de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas
- Subzonas de aprovechamiento especial
- Subzonas de uso público
- Subzonas de asentamientos humanos

En la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca predomina la propiedad social de la tierra distribuida en más de 100 núcleos agrarios; 57 ejidos y 13 comunidades, además, dos terrenos nacionales: el predio federal denominado Chundua con extensión de 617 hectáreas y el predio estatal Monte Alto de 93 hectáreas, ambos en la Sierra Chincua, también existen 3 predios en litigio y los restantes son pequeñas propiedades.

El plan de manejo hace hincapié en que la situación legal en la mayoría de los núcleos agrarios no presenta rezago ni conflictos que los inhabiliten para emprender proyectos de desarrollo o inversión, menciona algunos problemas de linderos que no representan problemas legales en: San Felipe los Alzati, El Rosario, San Felipe de Jesús, Rosa de Palo Amarillo, Zaragoza, Santa María la Ahogada, San José Ixtapa, Mesas Altas de Xoconusco, San Pablo Malacatepec, Crescencio Morales y Nicolás Romero; por lo anterior el documento resalta que: *"la situación agraria es favorable, jurídica y socialmente, para establecer el Programa de Manejo, así como los diversos instrumentos y mecanismos para su ordenamiento territorial, programas de protección y desarrollo regional sustentable"* (CONANP, 2001).

6. Metodología

6.1. Diseño del análisis y factores a evaluar

Este análisis se enfoca en el polígono principal de la reserva, denominado polígono general Chincua-Campanario-Chivatí, utilizando una extensión de 54487.18 ha. A partir del perfil de visitante definido como ecoturista o admirador de la naturaleza y de los recursos disponibles en el área; se establecieron 6 factores a evaluar, uno de tipo continuo y cinco categóricos; cada uno de los factores se modeló utilizando diferentes recursos cartográficos que, según el caso, se combinaron, analizaron o procesaron mediante los softwares QGIS (QGIS.org, 2021) e IDRISI SELVA 17.0 (Eastman, 2012^b). Cada factor se estandarizó a valores entre 0 y 255 donde 0 es una aptitud nula y 255 representa la aptitud máxima. Las características de cada factor, así como el tratamiento que se realizó para la obtención de la cartografía requerida se desarrolla a continuación.

6.2. Factor continuo

6.2.1 Factor 1. Costo distancia-pendiente

Este factor combina dos variables importantes: la pendiente del terreno y la distancia hacia los sitios de interés; sus valores combinados arrojan el costo que implica para los visitantes llegar a un punto de interés desde las entradas de la reserva. Se toman en consideración solamente las entradas oficiales debido a que son los únicos accesos desde donde se permite la entrada de turistas y la caminata de observación con guías acreditados.

Al realizar caminata de observación de naturaleza, se considera que los senderos con una inclinación nula (0°), baja (1°-5°) o moderada (6°-10°) son los que permiten centrarse de una forma más eficiente en la actividad por no provocar cansancio físico extenuante, de este modo pendientes menos inclinadas implican costo menor y pendientes más inclinadas implican un mayor costo para llegar al punto de interés. La misma lógica aplica a la variable distancia, los puntos más cercanos a los accesos representan menor costo mientras que los puntos más alejados de las entradas tendrán un mayor costo.

Las rutas en las que el terreno tenga pendientes más inclinadas y cuya distancia sea mayor desde las entradas a la reserva representan un mayor esfuerzo físico, mientras que los atractivos en cuya ruta se encuentren pendientes menos pronunciadas y la distancia de recorrido desde los puntos de entrada sea menor, representarán menos esfuerzo físico o costo distancia pendiente.

Para la obtención de este factor se utilizaron los siguientes mapas:

- Plano de entradas a la reserva (elaboración propia, 2020), (figura 3^a).

- Plano de pendientes obtenido a partir del Modelo Digital de Elevación a 30 metros (INEGI, 2013), (figura 3^b).
- Plano de vías de comunicación obtenido a partir de la combinación de los planos de calles, carreteras y caminos (INEG, 2015), (figura 3^c).
- Plano de atractivos, obtenido a partir de la combinación del plano de referencias geográficas (INEGI, 2015), combinado con datos de manantiales y cascadas; dentro de la categoría atractivos se incluyen: cerros, lugares de interés paisajístico, puertos orográficos, sierras y mesas, elementos considerados de relevancia para la observación de naturaleza, (figura 3^d).

Utilizando los planos de pendientes, vías de comunicación y entradas a la reserva se obtuvo el costo distancia pendiente a lo largo de las vías de comunicación, tomando como puntos iniciales del recorrido las 6 entradas a la reserva: Parador Turístico El Capulín y Macheros, (Se toma como un solo punto por la cercanía de ambos), Parador Turístico La Mesa, Parador Turístico El Rosario, Centro de Cultura para la Conservación Sierra Chincua y Parador Turístico Senguío. El procedimiento se llevó a cabo utilizando un análisis de costo-distancia con barreras absolutas (Costgrow) en el software IDRISI SELVA 17.0 (Eastman, 2012^b).

Posteriormente se asignó a cada punto de interés el valor más cercano de costo obtenido sobre las vías de comunicación, puesto que no todos los puntos las interceptaban. La estandarización de este factor en un rango de 0 a 255 se realizó mediante una función monotonía decreciente lineal (figura 4) con dos puntos de inflexión, según el comportamiento del costo frente a la aptitud, utilizando el módulo Decision Wizard del software IDRISI SELVA 17.0 (Eastman, 2012^b); los valores con costo más alto implican un valor menor de aptitud, de la misma forma, los valores con costo más bajo se consideran con mayor aptitud.

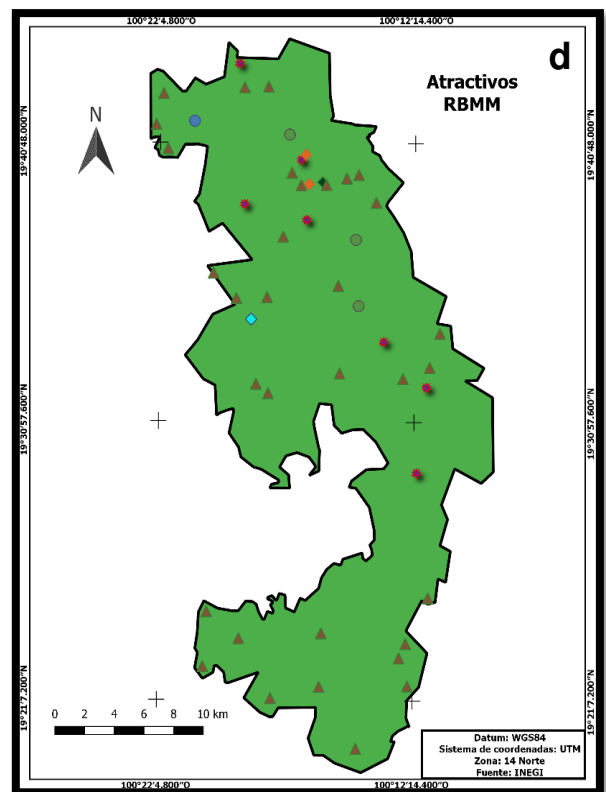
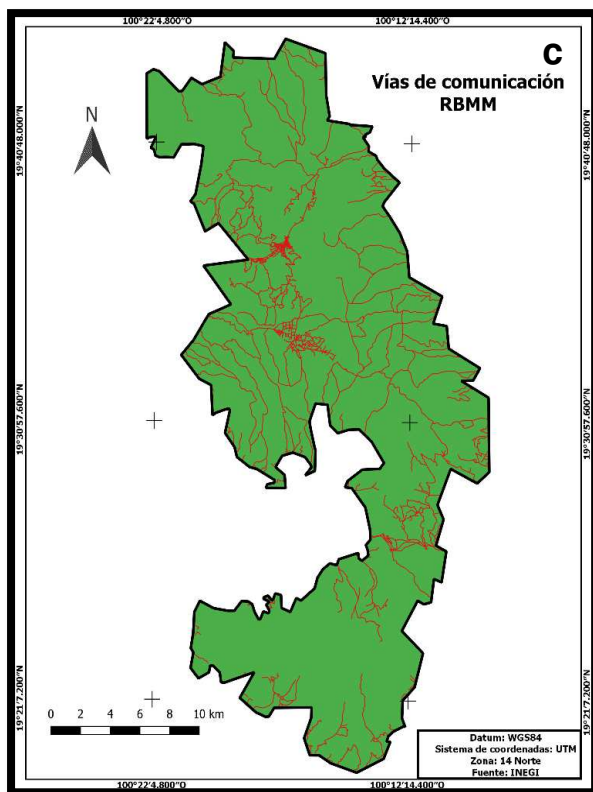
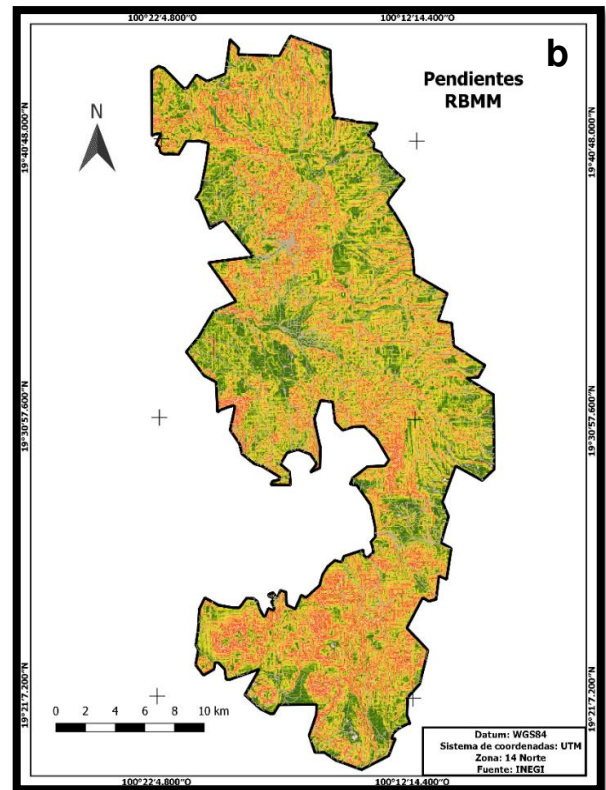
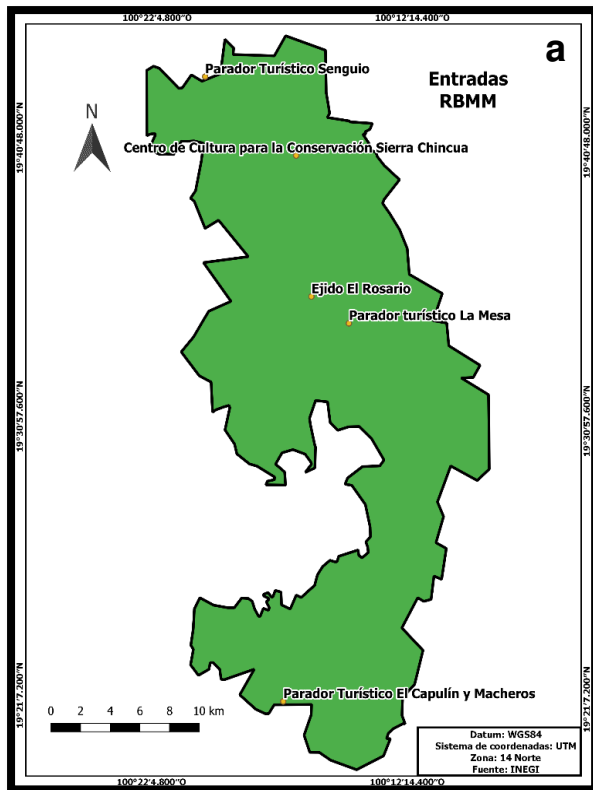


Figura 3. Planos utilizados para la obtención del factor costo-pendiente: a) entradas a la RBMM; b) pendientes del terreno en la RBMM; c) vías de comunicación dentro de la RBMM; d) atractivos establecidos para la RBMM.

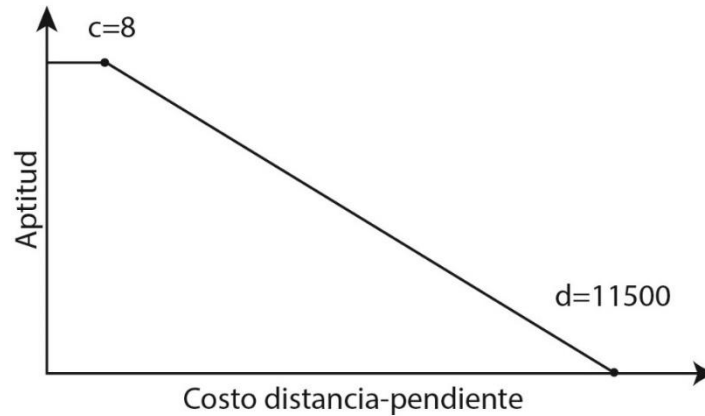


Figura 4: Función de estandarización costo distancia-pendiente.

6.3. Factores Categóricos

Dentro de estos factores se consideraron: la vegetación y uso de suelo, los cuerpos de agua, las corrientes de agua, la zonificación y los lugares atractivos de la reserva. De la misma forma que el factor continuo, los factores categóricos se estandarizaron de 0 a 255 para la incorporación numérica de todos los planos a la suma lineal ponderada. Para establecer una referencia entre el valor numérico y el de aptitud se dividió el rango de 0 a 255 en 6 intervalos de igual magnitud, donde 0 es la ausencia de aptitud y 255 la aptitud máxima posible, los valores intermedios toman una aptitud entre mínima y muy alta como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Referencias de valores de aptitud para factores categóricos.

0	Sin aptitud
1-42.5	Mínima aptitud
42.6-85	Baja aptitud
85.1-127.5	Media aptitud
127.6-170	Alta aptitud
170.1-212.5	Muy alta aptitud
212.6-255	Máxima aptitud

A continuación, se asignaron los rangos de aptitud con los que se evaluará cada factor con base en los intervalos antes descritos.

6.3.1 Factor 2. Vegetación y uso de suelo

Dentro de este factor se consideró la importancia de cada ecosistema en función del valor paisajístico apropiado para la observación y la accesibilidad de la vegetación.

Los Bosques y asociaciones pino-encino-oyamel fueron asignados con una máxima aptitud por ser bosques de árboles de gran tamaño y belleza, donde se establecen principalmente las colonias de mariposa monarca.

Los bosques de Junípero son asociaciones de árboles pequeños que presentan relevancia paisajística por su forma y follaje, sin embargo, al no estar presente la mariposa disminuyen su aptitud en comparación con los bosques pino-encino-oyamel, clasificándose en aptitud alta.

Los pastizales al no considerarse asociaciones vegetales de gran importancia paisajística en comparación con los bosques fueron clasificados en una clase media de aptitud; de forma similar los matorrales por ser un tipo de asociación con plantas bajas y además espinosas en algunos casos, en las que el acceso no siempre es tan fácil se clasificaron con aptitud baja.

El tipo de suelo agrícola por encontrarse muy cercano a zonas de asentamientos urbanos y con poca presencia de vegetación nativa se clasifico en aptitud baja.

Las zonas de Infraestructura se consideraron con una aptitud mínima por ser zonas con pobre vegetación y alteraciones importantes. Del mismo modo las zonas que presentan deforestación se clasifican con una aptitud mínima, debido a la poca presencia de vegetación y tomando en cuenta que los cambios en la cobertura vegetal pueden incrementar la vulnerabilidad de los ecosistemas presentes en la RBMM, debido a los posibles impactos provocados por el turismo como pueden ser: alteración de los periodos de apareamiento de algunas especies (Bringas & Ojeda, 2000), excedencia de la capacidad de carga del suelo, la extracción de flora y fauna de su hábitat natural y la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua, debido al inadecuado manejo de los residuos que los visitantes generan (Pérez, *et al.*, 2009). Los valores específicos para cada tipo de vegetación o uso de suelo se condensan en la tabla 2.

Tabla 2. valores de aptitud establecidos para el factor vegetación y uso de suelo.

Tipo de vegetación/uso de suelo	Aptitud	Valor
Bosques y asociaciones pino-encino-oyamel	Máxima	255
Junípero	Alta	170
Pastizal	Media	127
Matorral	Baja	85
Agrícola	Baja	85
Deforestado	Mínima	42
Infraestructura	Mínima	10

Para este factor se utilizó el mapa de vegetación, uso de suelo y deforestación del año 2009, proporcionado por el Dr. José López García del Instituto de Geografía de la UNAM (figura 5).

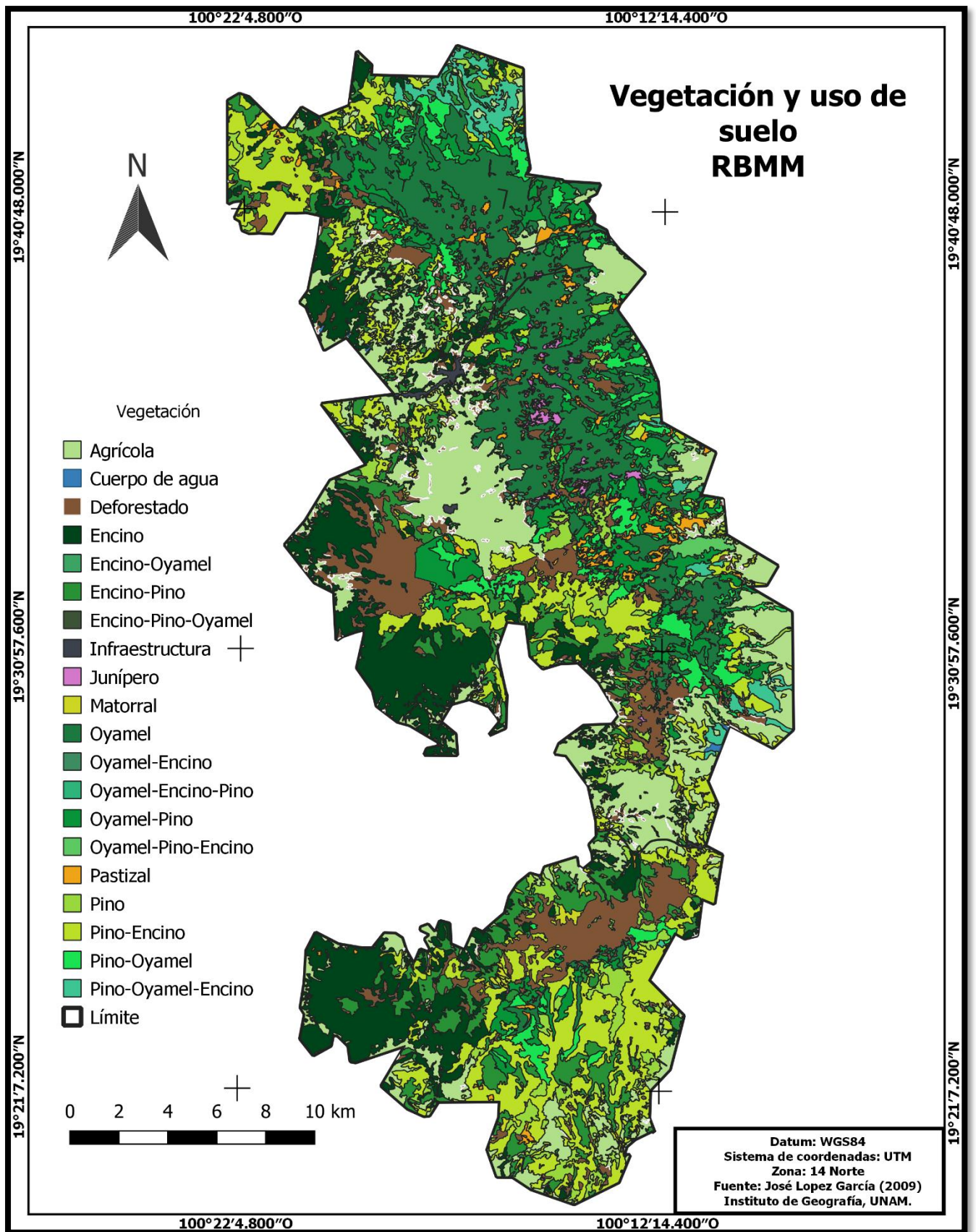


Figura 5. Vegetación y uso de suelo en la RBMM.

6.3.2. Factor 3. Cuerpos de agua

Los cuerpos de agua se consideran zonas de valor paisajístico y recreativo en los que generalmente se encuentran paisajes y vegetación asociada importante. En este factor se asignó la máxima aptitud (255) a los cuerpos permanentes, considerando que en cualquier momento son adecuados para la actividad turística, mientras que los cuerpos intermitentes se califican con aptitud media (127) por presentar menor o mayor valor dependiendo la estación del año (tabla 3). Se utilizó el mapa de cuerpos de agua realizado por INEGI (2015), (figura 6).

Tabla 3. valores de aptitud para el factor cuerpos de agua.

Tipo	Aptitud	Valor
Permanentes	Máxima	255
Intermitentes	Media	127

6.3.3. Factor 4. Corrientes

Los ríos y arroyos son recursos numerosos en la reserva y representan zonas altamente atractivas para el turismo; de la misma forma que el factor anterior las corrientes se clasificaron en aptitud media y máxima dependiendo de su condición de temporalidad. Para este factor se usó el mapa de corrientes de agua de INEGI (2015), (figura 7).

Tabla 4. valores de aptitud para el factor corrientes de agua.

Tipo	Aptitud	Valor
Permanentes	Máxima	255
Intermitentes	Media	127

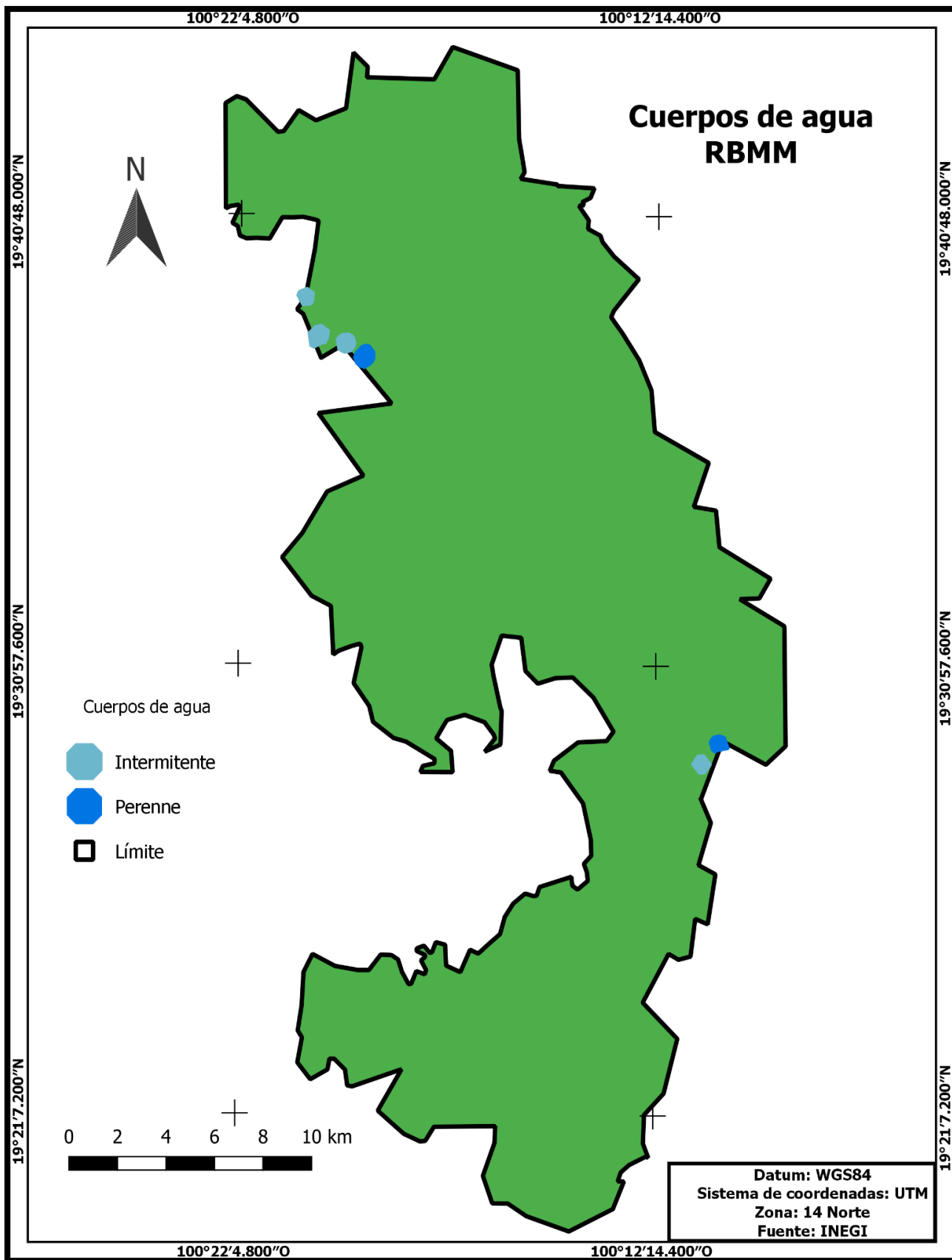


Figura 6. Cuerpos de agua en la RBMM.

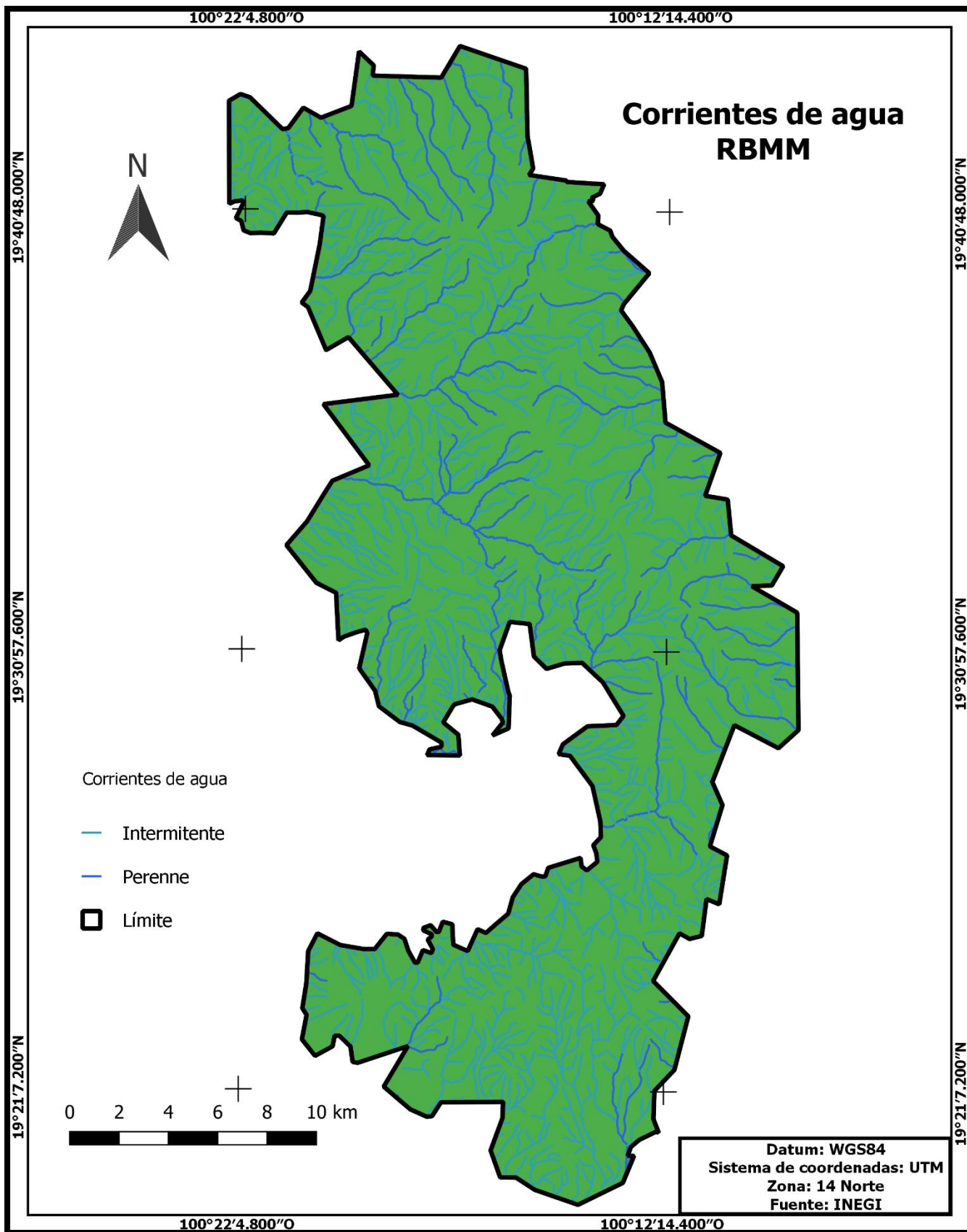


Figura 7. Corrientes de agua en la RBMM.

6.3.4. Factor 5. Zonificación.

La zonificación es un factor de gran importancia que establece las actividades permitidas en cada lugar de la reserva; para cualquier análisis dentro de la zona es necesario incluirla por su carácter administrativo y restrictivo, debido a esto, las ponderaciones de aptitud para este factor se basaron en las descripciones e indicaciones del plan de manejo para cada zona como se establece a continuación.

Subzonas de uso restringido: Son las zonas donde se realiza la principal actividad de observación de mariposa monarca y en donde los ecosistemas se encuentran en buen estado de conservación; por representar lugares de la reserva muy importantes para el turismo de naturaleza y zonas en las que, aunque existe presencia de mariposa monarca no se encuentran los núcleos más protegidos, se le asignó la aptitud máxima.

Subzonas de protección: Son superficies con muy poca alteración, presentan los bosques mejor conservados de la reserva y contienen hábitats que requiere la mariposa en su fase invernal, aunque representa la zona con mayor importancia, la aptitud se clasificó en muy alta por ser zonas en donde la conservación de la mariposa es el objetivo más importante y el uso turístico y recreativo se puede llevar a cabo con medidas que antepongan la protección ambiental.

Subzonas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales: En estas zonas se permiten las actividades forestales, por lo que su aptitud se estableció como alta, al ser bosques de coníferas en donde existen alteraciones derivadas de la actividad humana y forestal.

Subzonas de aprovechamiento especial: En estas zonas está permitida la construcción de obras públicas e instalación de infraestructura, por lo que se consideraron con aptitud media, debido a la probable presencia de infraestructura y áreas alteradas por la actividad humana.

Subzonas de uso público: Se asignó una aptitud baja por ser lugares con infraestructura turística y que coinciden con las entradas a la reserva, en estas zonas existen servicios turísticos que son aptos para otro tipo de turismo.

Subzonas de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas: En este caso se asignó una ponderación baja por ser lugares alterados dedicados a la agricultura y cercanos a asentamientos humanos, aunque se pueden encontrar zonas con algún valor paisajístico.

Zona de asentamientos humanos: Se les clasifico con una aptitud mínima por ser lugares en las que han desaparecido los ecosistemas originales por el desarrollo de asentamientos humanos.

Los valores numéricos asignados a cada factor se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. valores de aptitud para el factor zonificación.

Tipo	Aptitud	Valor
Subzonas de uso restringido	Máxima	255
Subzonas de protección	Muy alta	212
Zonas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	Alta	170
Zonas de aprovechamiento especial	Media	127
De uso público	Baja	85
Zonas de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas	Baja	85
Zona de asentamientos humanos	Mínima	10

Para el factor zonificación se utilizaron los mapas de zonificación primaria y subzonificación de la Reserva, realizados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas en el año 2006 (CONANP), (figura 8).

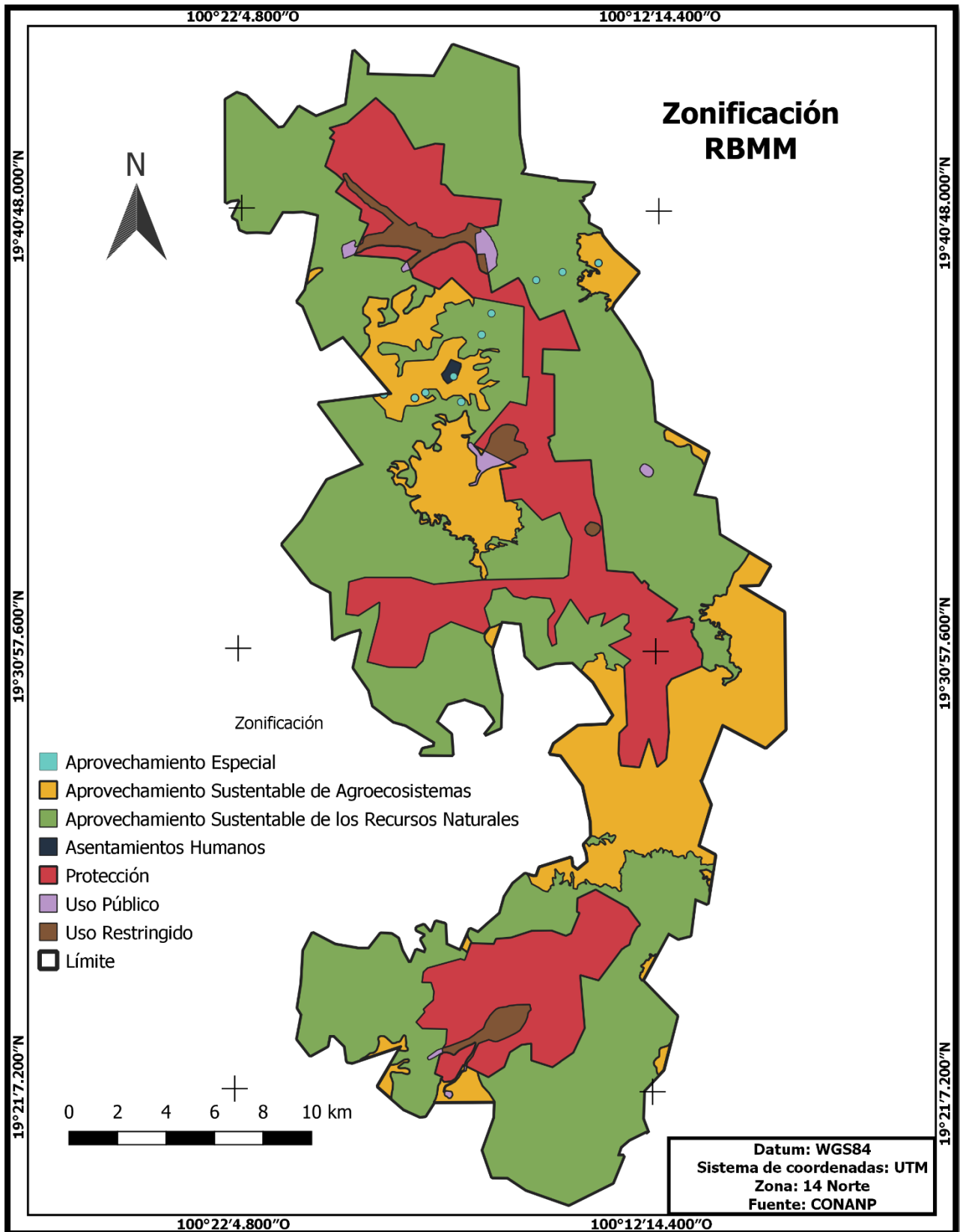


Figura 8. Zonificación de la RBMM.

6.3.5. Factor 6. Atractivos.

Este factor engloba sitios específicos considerados de interés al hacer caminata de observación, se establecieron a partir del plano de referencias geográficas (INEGI, 2015) y datos de manantiales y cascadas; en este factor se realizó una ponderación a partir del tipo de elemento y sus características específicas, que pueden otorgarles mayor o menor aptitud para el turismo. Las características evaluadas para cada asignación del nivel de aptitud se describen a continuación y se resumen en las tablas 6 y 7.

Cerros

Son elevaciones locales y bruscas de la superficie terrestre, de dimensiones relativamente reducidas, menores a una montaña. Normalmente se encuentran aisladas en una localidad plana y están delimitadas por un cambio de pendiente bien marcado (Lugo, 2011). Al ser elevaciones reducidas, aunque abruptas, se consideran zonas muy adecuadas para la caminata de observación, se calificaron con la aptitud máxima.

Mesa

Forma del relieve plana que constituye la porción superior de una elevación, es de menor dimensión que una meseta, (Lugo, 2011). Por ser elevaciones con una mayor dificultad de acceso que los cerros, debido a sus formas de relieve más aplanados se ponderaron con una aptitud media.

Sierra

Término que se aplica a una montaña alargada, generalmente de más de 5 km de longitud, o a un conjunto de montañas con una divisoria de aguas principal que delimita dos vertientes opuestas (Lugo, 2011). Las sierras se consideraron como elevaciones que requieren más esfuerzo físico para caminata o que tienden a tener un acceso más escabroso por lo que se ponderaron con una aptitud media.

Puerto orográfico o portillo

Paso estrecho entre dos elevaciones (Lugo, 2011). Normalmente son caminos abruptos que se encuentran entre dos cuerpos montañosos, en algunos deportes como ciclismo son de relevancia al ser escenarios de competencias, también se consideran relevantes en cuanto a belleza paisajística por permitir la observación de dos o más cuerpos montañosos. Se ponderaron con una aptitud máxima.

Salto de agua y manantial

El salto de agua y el manantial por ser de alta belleza paisajística y valor recreativo se ponderaron en la máxima aptitud.

Tabla 6. valores de aptitud asignados a cerros, mesa, sierra, puertos orográficos, salto de agua y manantial.

Tipo	Aptitud	Ponderación
Cerros	Máxima	255
Mesa	Media	127
Sierra	Media	127
Puerto orográfico	Máxima	255
Salto de agua	Máxima	255
Manantial	Máxima	255

Lugares

En el contexto de la información obtenida para la RBMM, los lugares corresponden a sitios registrados en el plano de referencias geográficas (INEGI, 2015); estos sitios se encuentran generalmente asociados a pequeños asentamientos rurales o cabañas. Dentro de la reserva se registraron 7 lugares a los cuales se les asignó una ponderación diferente en relación con las características del sitio, dichas características fueron analizadas mediante imágenes aéreas. A continuación, se especifica la ponderación dada a cada uno de estos lugares y se describen los rasgos tomados en cuenta para asignar la aptitud.

1. Las Peñas: Las peñas es un sitio predominantemente agrícola, asociado a una corriente de agua perene y con vistas a lagunas que se encuentran fuera de la reserva, por lo que funciona como mirador. Presenta una altitud de 3100 msnm. Se asignó una ponderación alta.
2. El Pelotazo: Cumbre asociada a un espacio con cabañas y corrientes de agua perenes, con una altitud de 3340 msnm. Se le otorga una aptitud máxima.
3. Los Cedros: Sitio predominantemente agrícola y de asentamientos humanos pequeños, muy perturbado, asociado a dos corrientes intermitentes. Es una zona con poca inclinación que se encuentra a 2600 msnm., por el alto grado de perturbación se le asigna una aptitud mínima.
4. San Francisco Cartigón: Asentamiento humano en la orilla de una carretera que se encuentra asociado a una corriente de agua perene. En el análisis visual se observó alta perturbación; se encuentra a una elevación de 2800 msnm. Se le asigna una aptitud mínima.

5. El Zacatón: Pequeña pradera en la cima de una elevación montañosa a una altura de 2640 msnm, ubicado en el borde de la reserva. Puede funcionar como un mirador y se encuentra asociado a una corriente intermitente de agua. Se le asigno una aptitud máxima.
6. Rincón de Villalobos: Lugar asociados a cabañas y una corriente de agua perene, así como a algunas corrientes intermitentes; se encuentra a 3260 msnm. Se le otorgo una aptitud máxima.
7. El Picacho: Cumbre con una elevación de 3620 msnm. El lugar presenta deforestación y se asocia a dos corrientes intermitentes de agua; puede funcionar como mirador, sin embargo, por presentar un alto grado de deforestación se calificó con una aptitud media.

Tabla 7. valores de aptitud asignados a lugares en la RBMM

Lugar	Aptitud	Valor
Las Peñas	Alta	170
El Pelotazo	Máxima	255
Los Cedros	Mínima	42
San Francisco Cartigón	Mínima	42
El Zacatón	Máxima	255
Rincón de Villalobos	Máxima	255
El Picacho	Media	127

Para este factor se usó el mapa de atractivos anteriormente utilizado para el factor costo, modificando la ponderación (figura 9).

6.4. Restricciones

Se consideraron como restricciones tres tipos de usos de suelo: Minas en operación, por ser lugares que representen peligro para los visitantes derivado de las actividades de extracción. Localidades densamente pobladas, en las que ya no existe vegetación y que son consideradas zonas urbanas aun encontrándose dentro de la reserva. Edificaciones, por considerarse perturbaciones y zonas de poca accesibilidad. Para las restricciones se utilizaron los planos de localidades, edificaciones y minas de INEGI (2015).

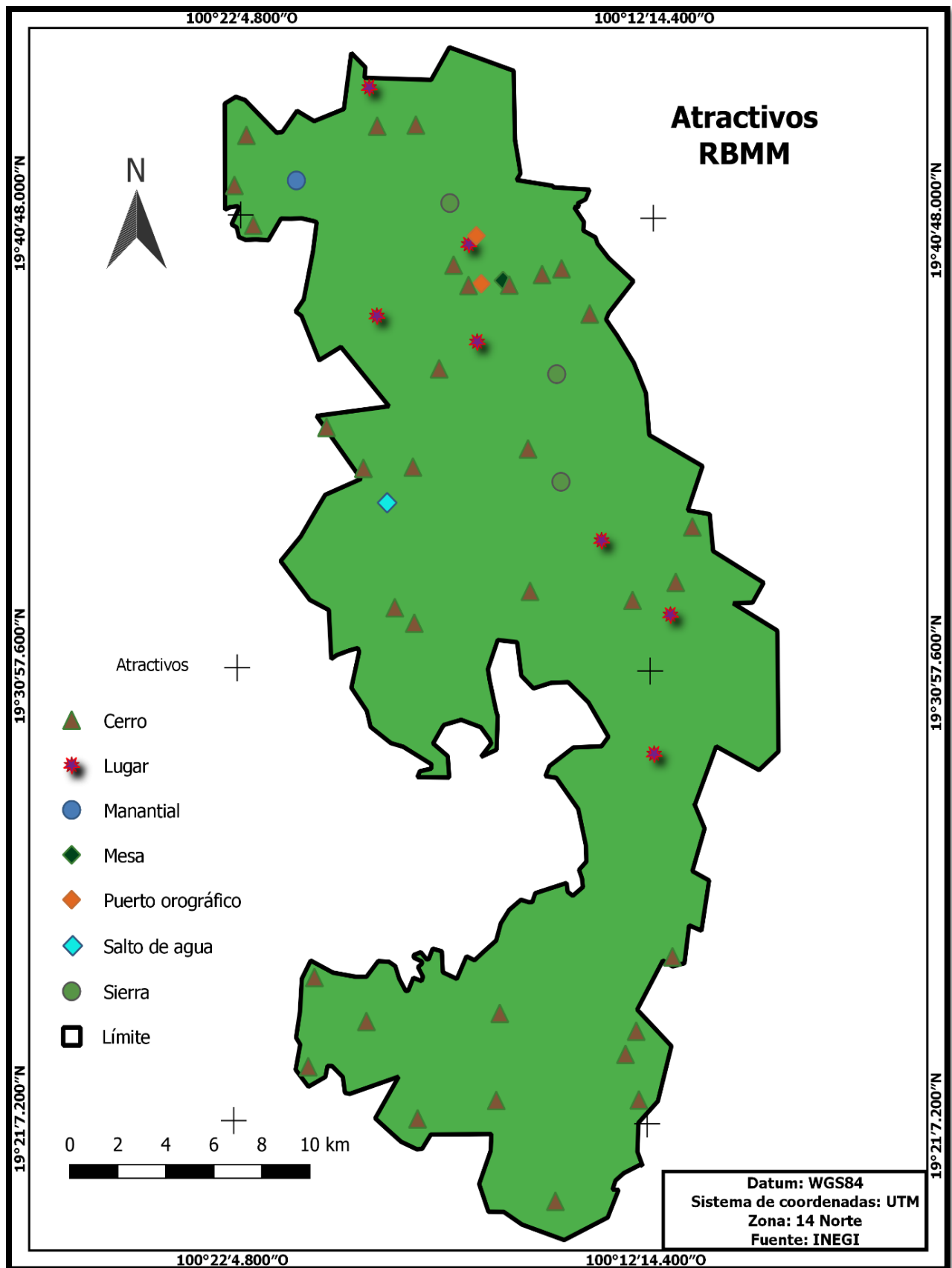


Figura 9. Atractivos establecidos para la RBMM.

6.5. Procesamiento de datos y obtención de la cartografía final

La importancia de cada factor se asignó de forma libre y personal considerando las características de cada criterio expuestas con anterioridad; definiendo de forma decimal los pesos relativos de cada factor. Una vez establecidos los pesos y valores, así como la cartografía necesaria, se obtuvo una serie de capas de información que se evaluaron mediante el procedimiento de suma lineal ponderada, para obtener el mapa final de aptitudes para la reserva. El procedimiento anterior se desarrolló con el módulo de asistente para la toma de decisiones del software IDRISI SELVA 17.0 (Eastman, 2012^b).

Finalmente, el mapa de aptitud se reclasificó en 5 clases, con intervalo de 51 unidades, que permitieron vislumbrar de forma más clara las diferencias en cada zona de la reserva (tabla 8).

Tabla 8. Intervalos de valores asignados a las clases de aptitud para observación de la naturaleza en la RBMM.

Aptitud	Valores
Muy baja	1-51
Baja	51-102
Media	102-153
Alta	153-204
Muy alta	204-255

7. Resultados

7.1. Ponderación de los factores

El factor vegetación y uso de suelo se estableció como el de mayor importancia por representar los diversos ecosistemas y paisajes que pueden admirarse al realizar observación de naturaleza. Este factor representa las características biológicas y fisiográficas que pueden ser de mayor valor para el turista de naturaleza. El siguiente factor en orden de importancia fue la zonificación, debido a que delimita las actividades permitidas o restringidas en la zona y del mismo modo, establece las zonas en donde se puede llevar a cabo la observación de la monarca.

El factor costo y el factor atractivos representan el peso de los puntos relevantes para el turista. Son factores importantes, aunque no con la misma relevancia que representa la vegetación y uso de suelo,

ni el corte permisivo o restrictivo que se engloba en la zonificación, por lo que se les asigno una importancia menor. Las corrientes de agua se establecen como penúltimo factor de importancia por ser abundantes en la zona y representar un valor estético y biológico. Finalmente, los cuerpos de agua se establecen como último factor de importancia pues de la misma forma que los anteriores representan belleza paisajística y natural, aunque son de tamaño pequeño y poco abundantes. La ponderación establecida para cada factor se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Ponderación de los factores.

Factor	Peso
Costo distancia-pendiente	0.10
Vegetación y uso de suelo	0.40
Cuerpos	0.06
Corrientes	0.09
Zonificación	0.25
Atractivos	0.10

7.2. Aptitud de los atractivos

En general, se localizaron 5 puntos de aptitud muy alta en la reserva correspondientes a: Rincón de Villalobos (lugar turístico), La Mula (puerto orográfico), El Mirador (cerro), Los Madroños (cerro), La Guacamaya (cerro) y El Salto (salto de agua); cabe destacar que Rincón de Villalobos es el punto de mayor aptitud dentro del territorio con un puntaje de 234. En cuanto a los atractivos que obtuvieron una aptitud alta se contabilizaron 30 puntos de los cuales 25 son cerros, 2 son lugares, 1 mesa, 1 sierra y 1 manantial. Se puede observar que los cerros predominan en ambas aptitudes por ser los atractivos más abundantes, y por su ponderación de aptitud máxima. La tabla 10 muestra los nombres de los atractivos y su clasificación por aptitud y tipo de atractivo.

El análisis espacial muestra que el factor costo influye fuertemente en los valores finales de aptitud para los puntos atractivos, esto se hace evidente al observar que, los valores de costo distancia-pendiente de los atractivos de aptitud máxima son muy bajos en comparación con los puntos de clases media y

bajas, lo anterior debido a que el costo es un factor de alta heterogeneidad, dicha característica explica su gran incidencia en el resultado final de aptitud.

Tabla 10. Atractivos de mayor aptitud en la RBMM

Atractivos con aptitud muy alta	Atractivos con aptitud alta	
Cerro La Guacamaya	Cerro el Candelero	Cerro El Tanque
Cerro Los Madroños	Cerro el Cacique	Cerro De Guadalupe 1
Salto de agua El Salto	Cerro Chato	Cerro Ochcan
Lugar Rincón de Villalobos	Cerro La Silla	Cerro La Corona
Puerto orográfico La Mula	Cerro Pelón	Cerro Loma Pelada
	Cerro La Cruz	Cerro De Guadalupe 2
	Cerro Las Cebollas	Cerro Prieto 2
	Cerro El Cabrero	Cerro Peña Colorada
	Cerro El Agostadero	Cerro Peña Blanca
	Cerro La Guitarra	Lugar El Zacatan
	Cerro Tabuce	Lugar El Pelotazo
	Cerro La Palma	Mesa El Llano de las Papas
	Cerro El Piloncillo	Sierra de Chincua
	Cerro El Huacal	Manantial
	Cerro El Mimbres	
	Cerro Prieto 1	

Las entradas a la reserva mantienen una fuerte influencia en los puntos de aptitudes alta y muy alta, asociadas a ellas se encuentran la mayoría de los atractivos con dichas aptitudes; también se observa una asociación de varios de estos atractivos con poblaciones como Anganguero y Ejido el Rosario.

La entrada conocida como Centro de Cultura para la Conservación Sierra Chincua es la entrada con los sitios de aptitud con valores más altos de la reserva, asociados a ella se ubican 3 puntos de interés clasificados en aptitud muy alta y 6 puntos clasificados con aptitud alta.

Los paradores turísticos El Capulín y Mancheros presentan 1 punto de aptitud muy alta y 6 puntos de aptitud alta. Por su parte, la población del Ejido El Rosario presenta 1 punto de aptitud muy alta y 2 de aptitud alta; el parador turístico La Mesa presenta 4 puntos de aptitud alta; el parador turístico Senguío se asocia con 6 puntos de aptitud alta, la población de Angangueo se asocia con un solo punto de aptitud alta, y finalmente el ejido El Rosario es la única entrada en la que no se encontró asociado ningún punto de estas aptitudes. Es importante señalar que, se localizaron 6 puntos de aptitud alta que no se encuentran asociados a ninguna población o comunidad por estar alejados a más de 8 km de ellas. La tabla 11 muestra la asociación de cada uno de los atractivos mencionados con las entradas y poblaciones observadas. La figura 10 muestra la asociación de los puntos de aptitud media y alta con las entradas a la reserva.

Tabla 11. Asociación de los atractivos de mayor aptitud con entradas y poblaciones.

Falta nombre de columna	Aptitud muy alta	Aptitud alta	
Parador turístico El Capulín y Mancheros	Cerro La Guacamaya	Cerro El Candelero Cerro El Cacique Cerro Chato	Cerro Pelón Cerro La cruz Cerro La Silla
Parador turístico La Mesa		Lugar El Pelotazo Cerro Las Cebollas Cerro El Cabrero Cerro El Agostadero	
Ejido El Rosario			
Centro de Cultura para la Conservación Sierra de Chincua	Cerro Los Madroños Lugar Rincón de Villalobos Puerto orográfico La Mula	Cerro Ochcan Cerro La Corona Cerro Loma Pelada	Mesa El Llano de las Papas Sierra de Chincua
Parador turístico Senguío		Cerro de Guadalupe 2 Cerro Prieto 2 Manantial Cerro Peña Colorada	Cerro Peña Blanca Lugar El Zacatón
Población de Angangueo		Cerro de Guadalupe 1	
Población de Ejido el Rosario	Salto de agua El Salto	Cerro Prieto 1 Cerro El Tanque	
No asociados		Cerro La guitarra Cerro Tabuce Cerro La Palma	Cerro El Huacal Cerro el Mimbres Cerro El Piloncillo

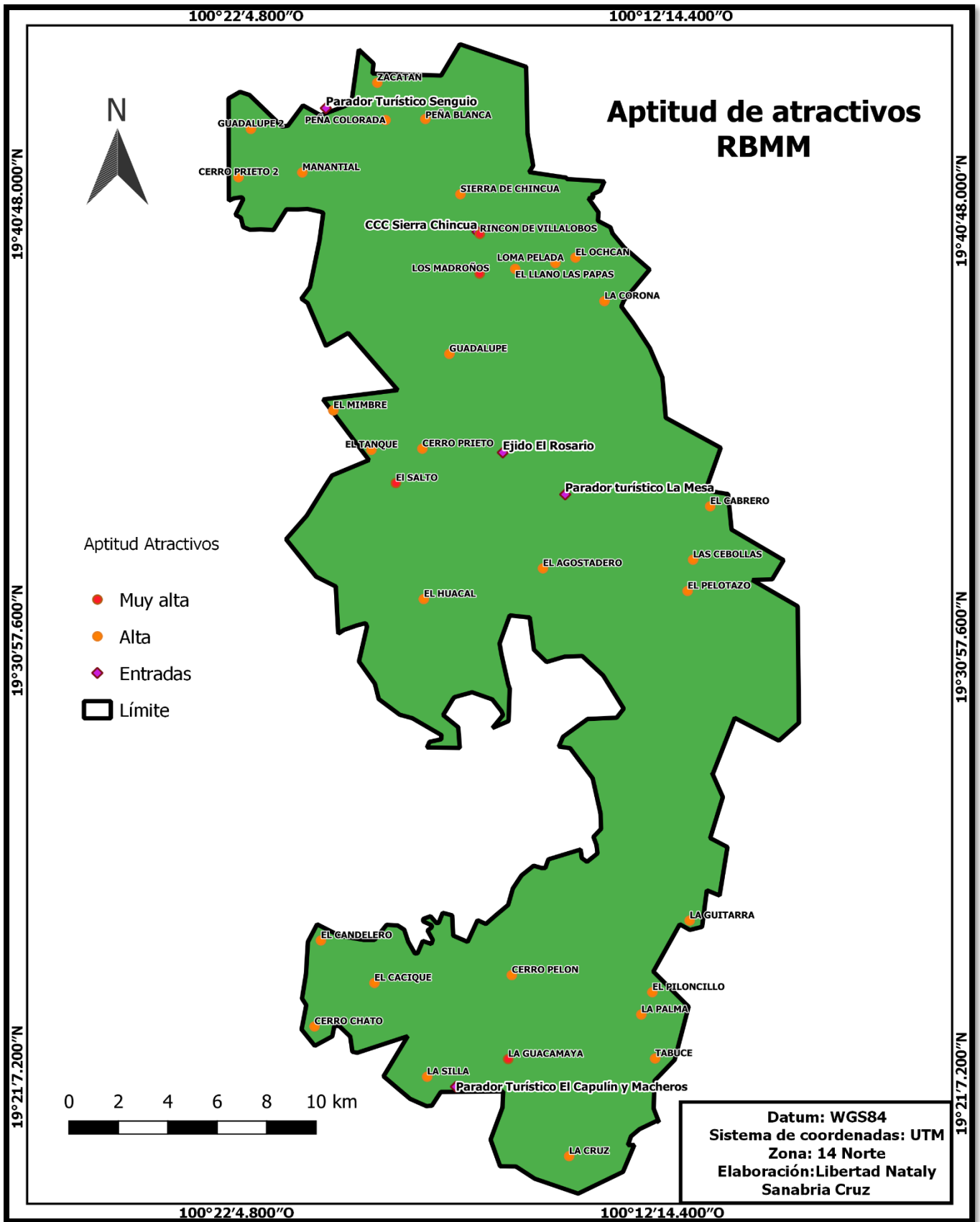


Figura 10. Atractivos de alta y muy alta aptitud y sus asociaciones con las entradas a la RBMM.

7.3. Áreas de aptitud

Las zonas consideradas como restricciones en el análisis multicriterio representaron el 1.88% del territorio. En cuanto a las clases de aptitud en la reserva se puede observar un predominio de la aptitud media en el 48.77% del área. La clase baja representa el 27.05 % del total, seguida de la clase alta con el 21.40%, por su parte, la clase muy baja se distribuye en solo el 0.85% de la reserva y finalmente la clase muy alta contiene el 0.06 %, que solo se presenta en puntos que fueron tomados como atractivos específicos.

La tabla 12 y la figura 11 resumen las hectáreas de la reserva con la respectiva aptitud que muestran para el mapa ordenado en 5 clases:

Tabla 12. Hectáreas por clase de aptitud para observación de la naturaleza en la RBMM.

Aptitud	Clase	Área (hectáreas)	Porcentaje
Sin aptitud (restricciones)	0	1025.09	1.88%
Muy baja	1	461.01	0.85%
Baja	2	14736.79	27.05%
Media	3	26573.46	48.77%
Alta	4	11659.92	21.40%
Muy alta	5	30.91	0.06%
Total		54487.18	100.00%

En la figura 12, se puede observar la dispersión de valores de aptitud en cada una de las clases. En este sentido, la clase muy baja presenta alta heterogeneidad, con puntajes desde 15 hasta los 50 puntos. La mayoría de los valores se encuentran cercanos a los 39 puntos de aptitud.

La clase baja se encuentra entre los 65 y 75 puntos. Es la una clase con poca heterogeneidad y variabilidad en el cuartil superior. Las clases media y alta son la más heterogéneas del análisis; la clase media contiene valores en todo su intervalo hasta llegar a la clase alta, el mismo comportamiento se mantiene en la clase alta; por último, la clase muy alta presenta menor heterogeneidad con la mayoría de los puntajes entre 204 y 217. La figura 13 muestra el mapa final de áreas de aptitud obtenido mediante el análisis multicriterio.

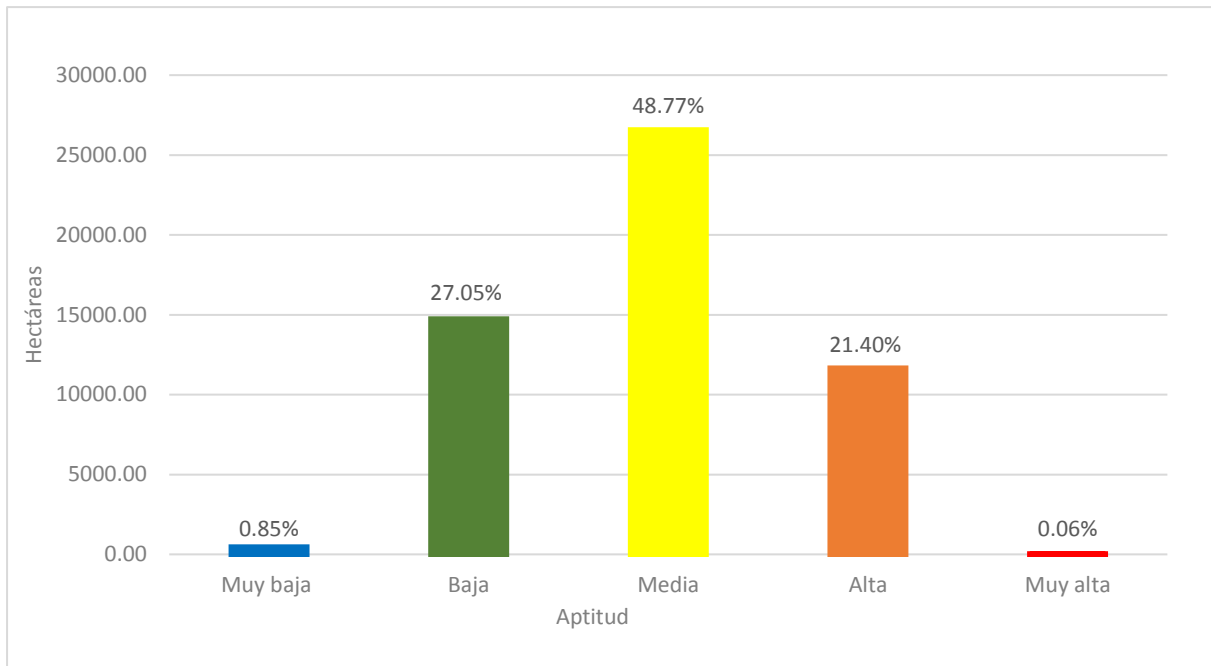


Figura 11. Superficie de las clases de aptitud.

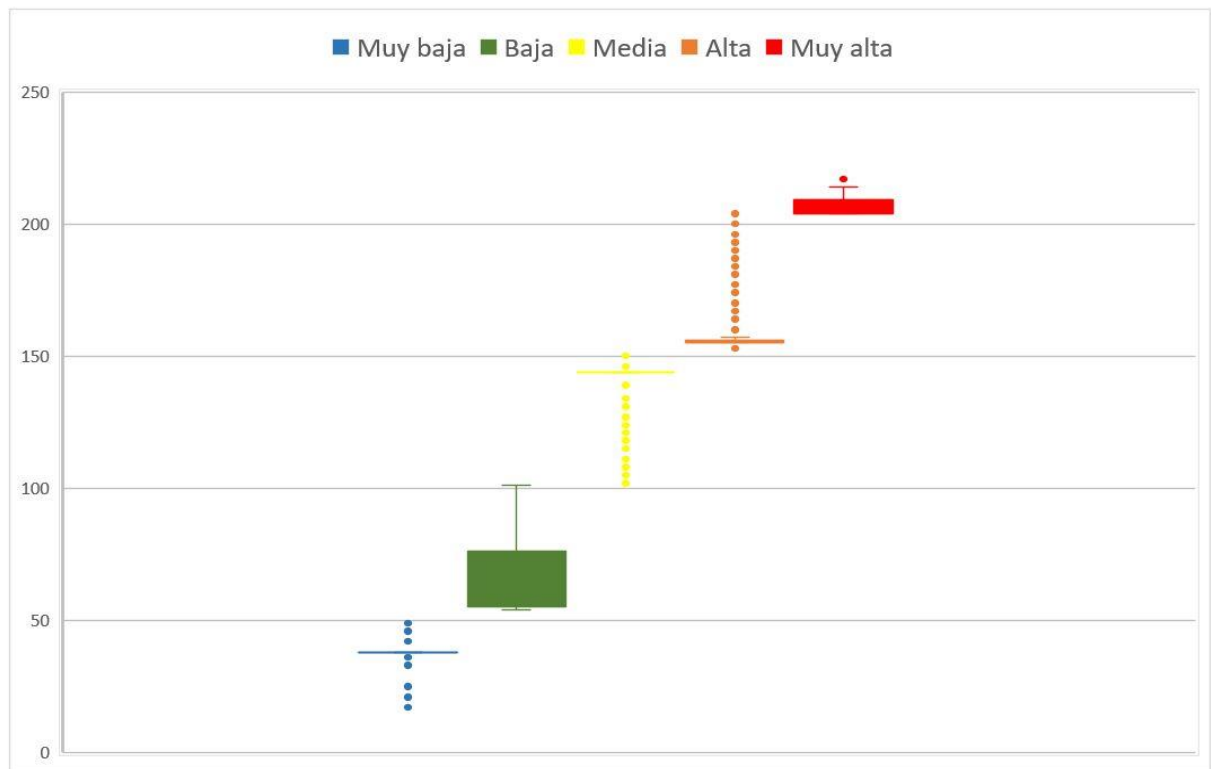


Figura 12. Dispersión de las clases de aptitud.

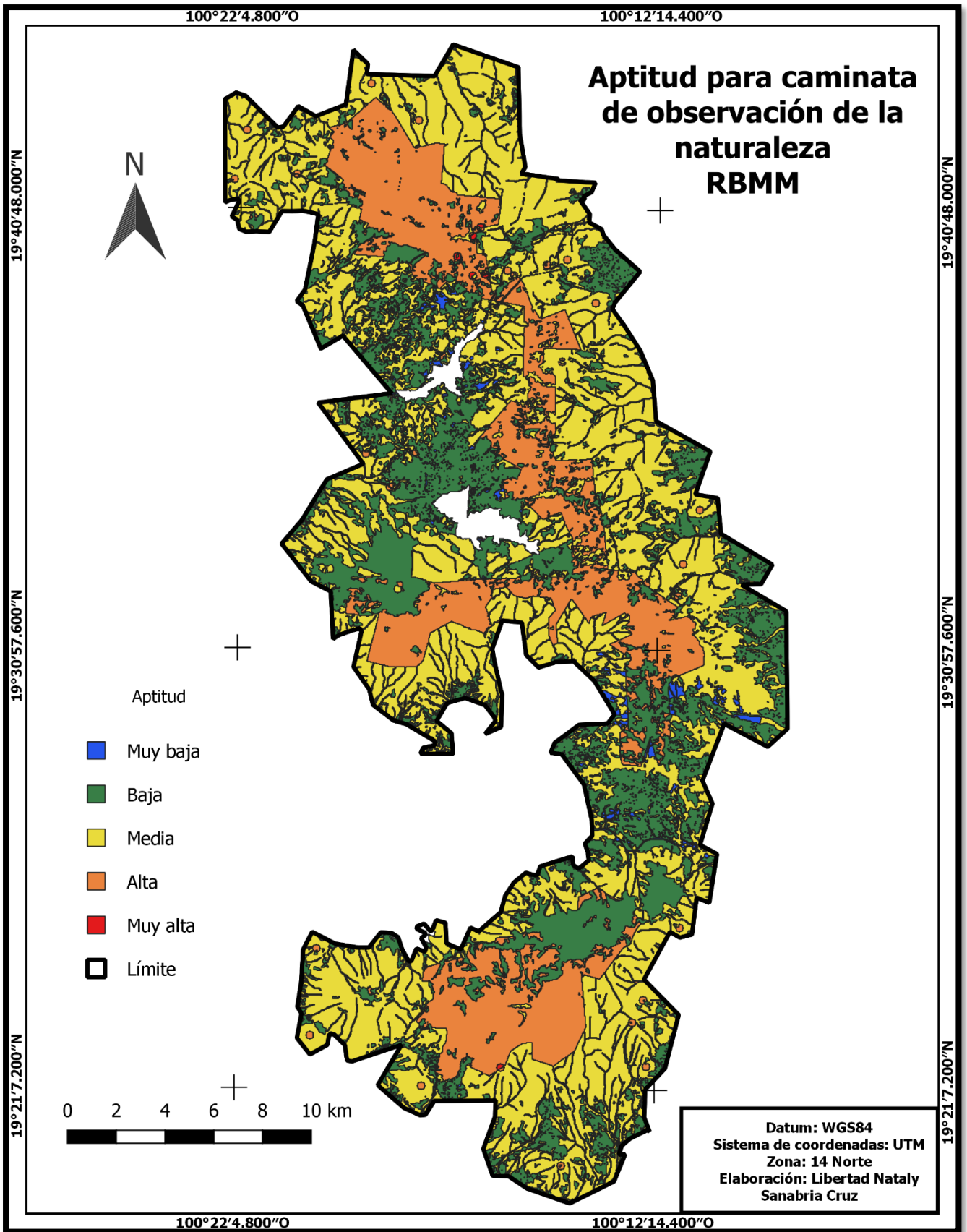


Figura 13. Mapa de Aptitud para la RBMM.

El parador turístico Senguío presenta una predominante zona de aptitud media y diferentes zonas de aptitud alta coincidentes con la zona núcleo de la reserva, corrientes de agua y zonas de amortiguamiento de atractivos asociados, también se pueden observar pequeñas subzonas de aptitud baja distribuidas en la matriz de aptitudes media y alta (figura 14).

El mismo comportamiento anterior, se observa en la entrada de Sierra Chincua, sin embargo, en este punto también se observan 4 zonas de aptitud muy alta coincidentes con las zonas de amortiguamiento de los atractivos cercanos (figura 15).

El Ejido el Rosario se encuentra en una zona de aptitud baja con subzonas de aptitud muy baja, es una entrada muy cercana a zonas de asentamientos humanos consideradas restricciones, lo que influye en su baja aptitud y nula presencia de atractivos importantes; muy cercana a dicha entrada se encuentra una zona de aptitud alta coincidente con la zona núcleo de la reserva, y dentro de ella subzonas de aptitud baja y media (figura 16).

El parador turístico La Mesa se encuentra dentro de la zona de aptitud alta que coincide con la zona núcleo, y se presentan subzonas de aptitud media y baja (figura 16).

Por ultimo los paradores turísticos El Capulín y Mancheros se encuentran en una pequeña zona de aptitud baja rodeada de una amplia zona de aptitud media con subzonas de aptitud baja; al norte de los paradores se encuentra la zona de aptitud alta que coincide con la zona núcleo, también se observan subzonas de aptitud alta coincidentes con corrientes de agua y con las zonas de amortiguamiento de los atractivos asociados: la aptitud muy alta solo se asocia a una pequeña subzona que coincide con el área de amortiguamiento del atractivo Cerro de la Guacamaya (figura 17).

El mapa final de aptitud muestra que el factor zonificación influye fuertemente en el resultado. La clase alta corresponde en gran medida con las zonas núcleo o de protección de la reserva; por otro lado, las zonas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales delimitan las grandes zonas de aptitud media, mientras que las zonas de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas coinciden con variadas subzonas de aptitud baja. En conjunto se puede observar que las tres zonas mencionadas delimitan de forma importante las grandes áreas de aptitud.

El factor vegetación y uso de suelo también influye fuertemente en el resultado; fuera de la zona núcleo las clasificaciones de pastizal, matorral y agrícola coinciden con las subzonas de aptitud baja. Por su parte las clasificaciones deforestado e infraestructura coinciden con zonas de aptitud muy baja.

Dentro de la zona núcleo el pastizal y las asociaciones de juníferos coinciden con las subzonas de aptitud media, y las clasificaciones deforestado e infraestructura con subzonas bajas; el bosque de

oyamel coincide con zonas de amortiguamiento de aptitud muy alta asociadas a los atractivos de Sierra Chincua, y con la aptitud alta. Las diversas asociaciones encino, pino y oyamel coinciden con la aptitud alta y media dentro y fuera de la zona núcleo.

Las corrientes de agua incrementan el puntaje en las zonas de aptitud media, donde se convierten en zonas altas correspondientes al cauce, sin embargo, esto no sucede con las zonas de aptitud baja y muy baja. La aptitud alta solo se ve incrementada en el atractivo manantial, donde la corriente influye la zona de amortiguamiento, pasando a una aptitud muy alta.

La condición de estacionalidad o perennidad no parece influir en los incrementos. Los cuerpos de agua muestran poca influencia en la aptitud y solamente en algunas pequeñas zonas parecen incrementar la aptitud de baja a media y la aptitud de media a alta.

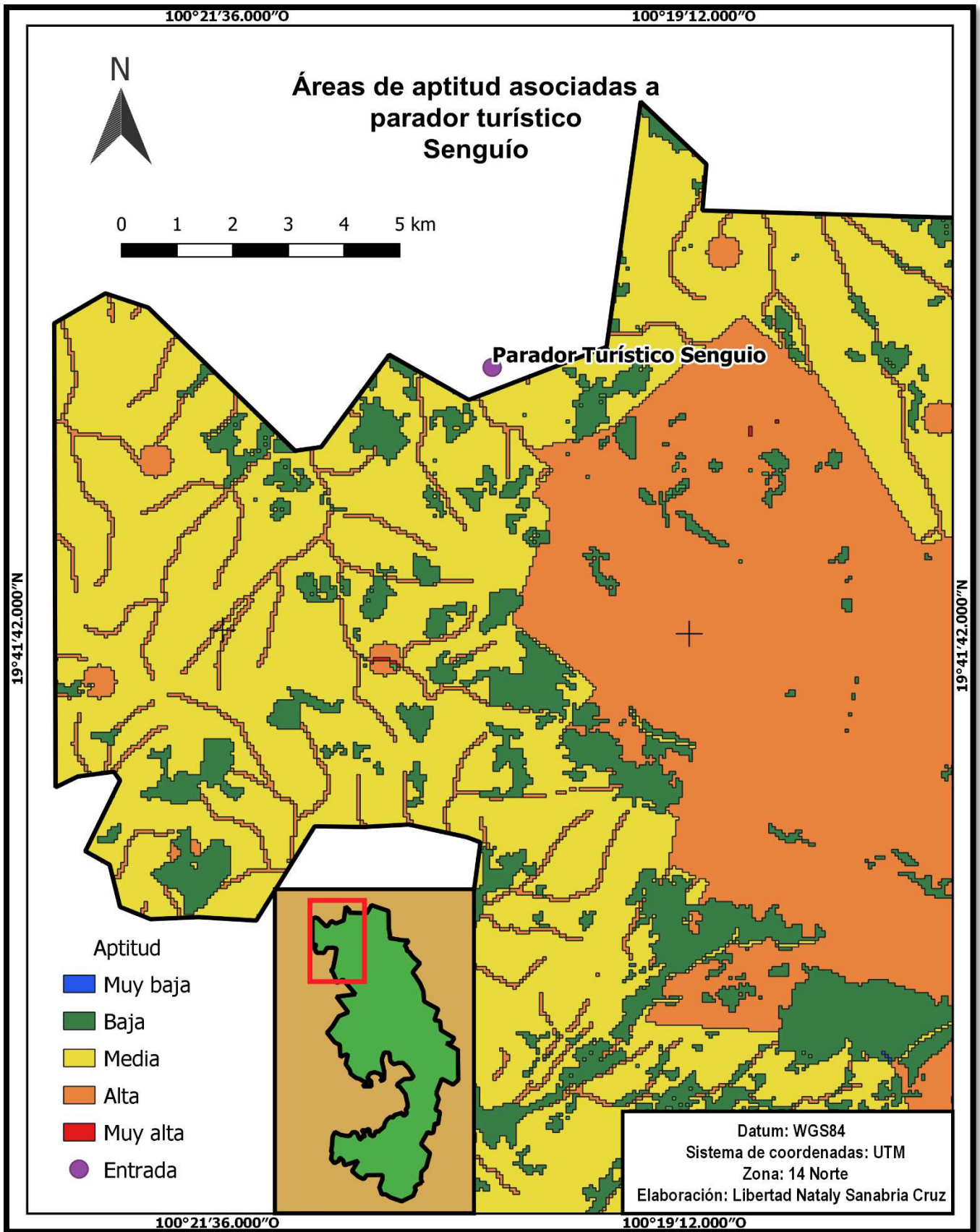


Figura 14. Áreas de aptitud asociadas al parador turístico Senguío

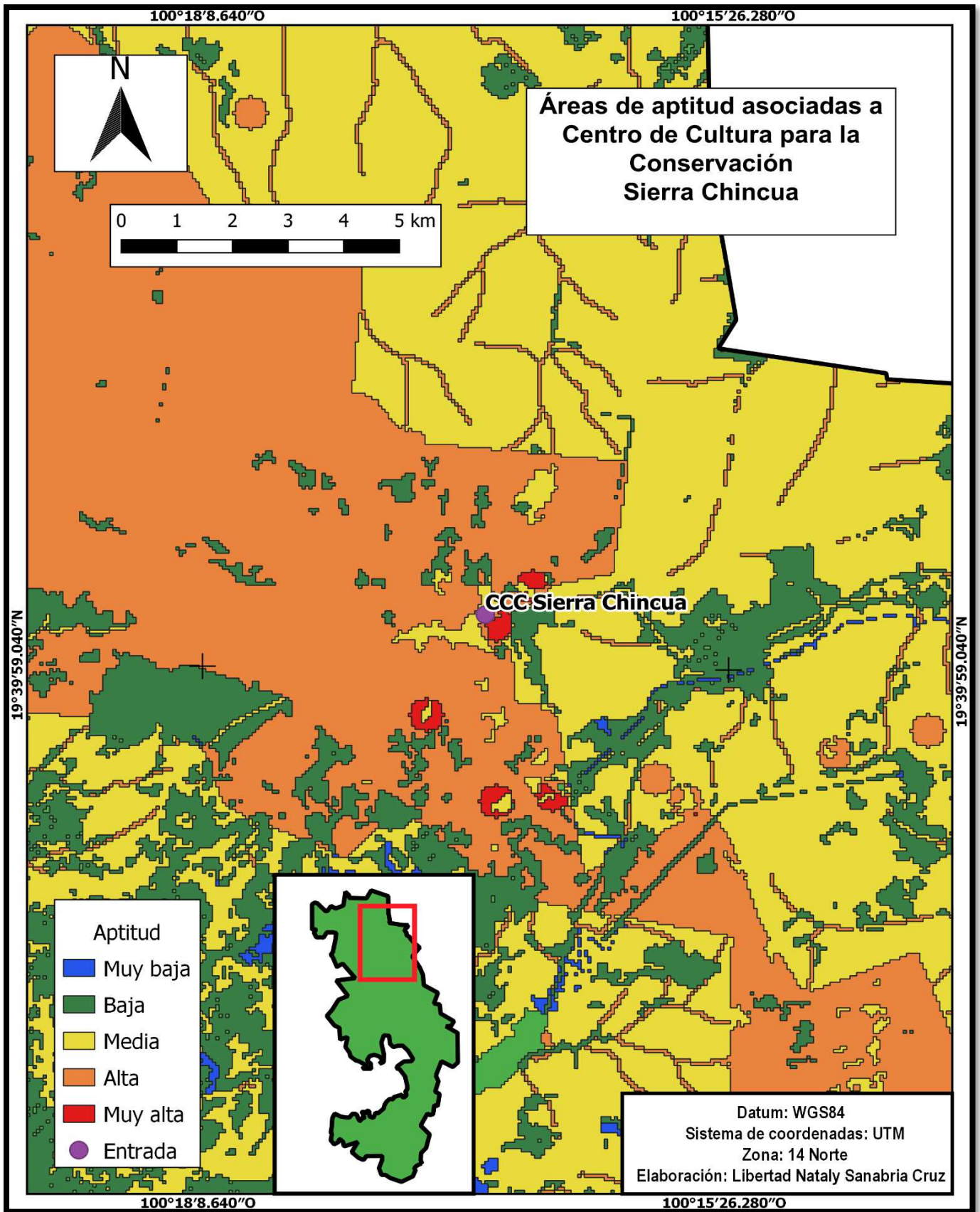


Figura 15. Áreas de aptitud asociadas al Centro de Cultura para la Conservación Sierra Chincua.

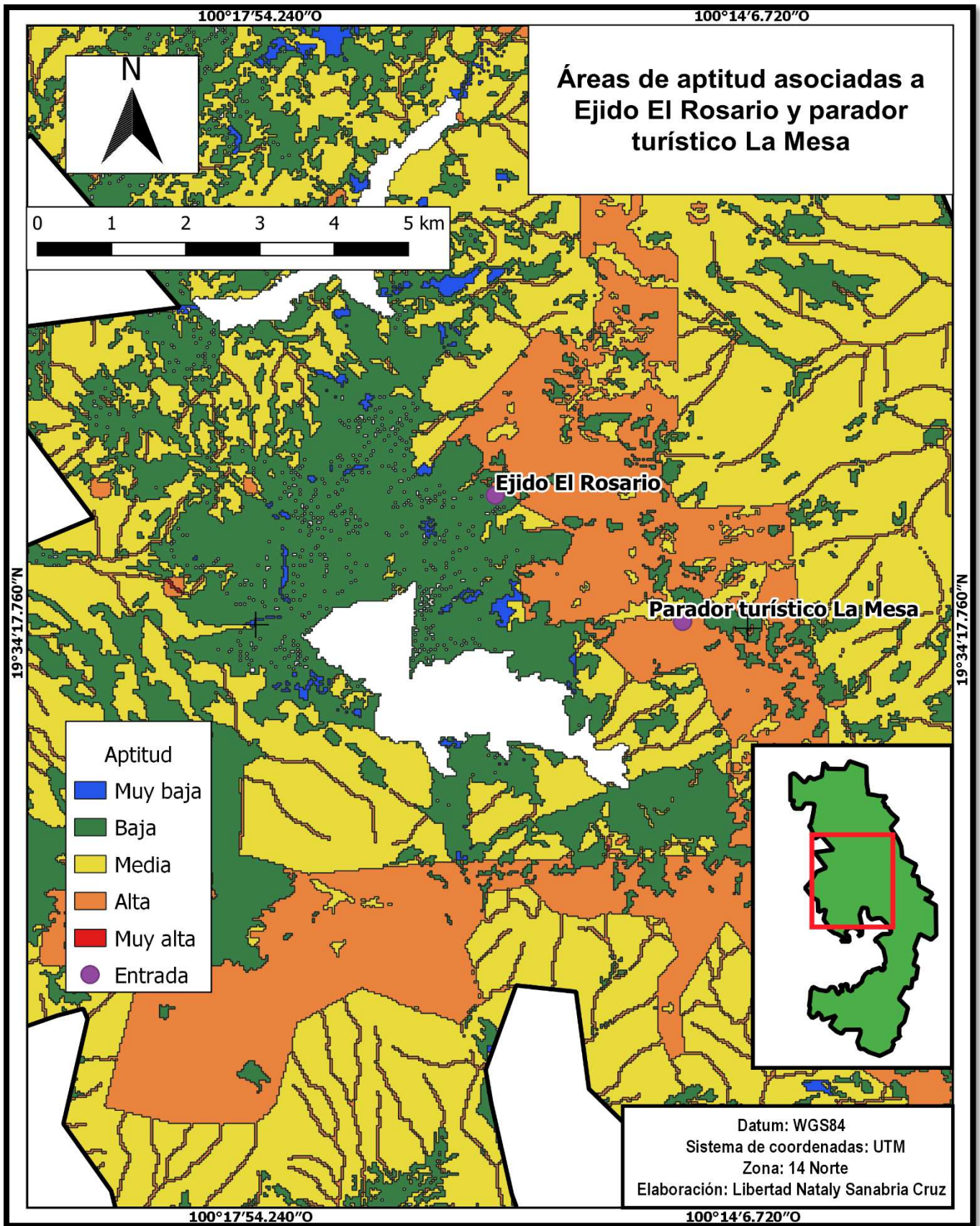


Figura 16. Áreas de aptitud asociadas a Ejido el Rosario y parador turístico La Mesa.

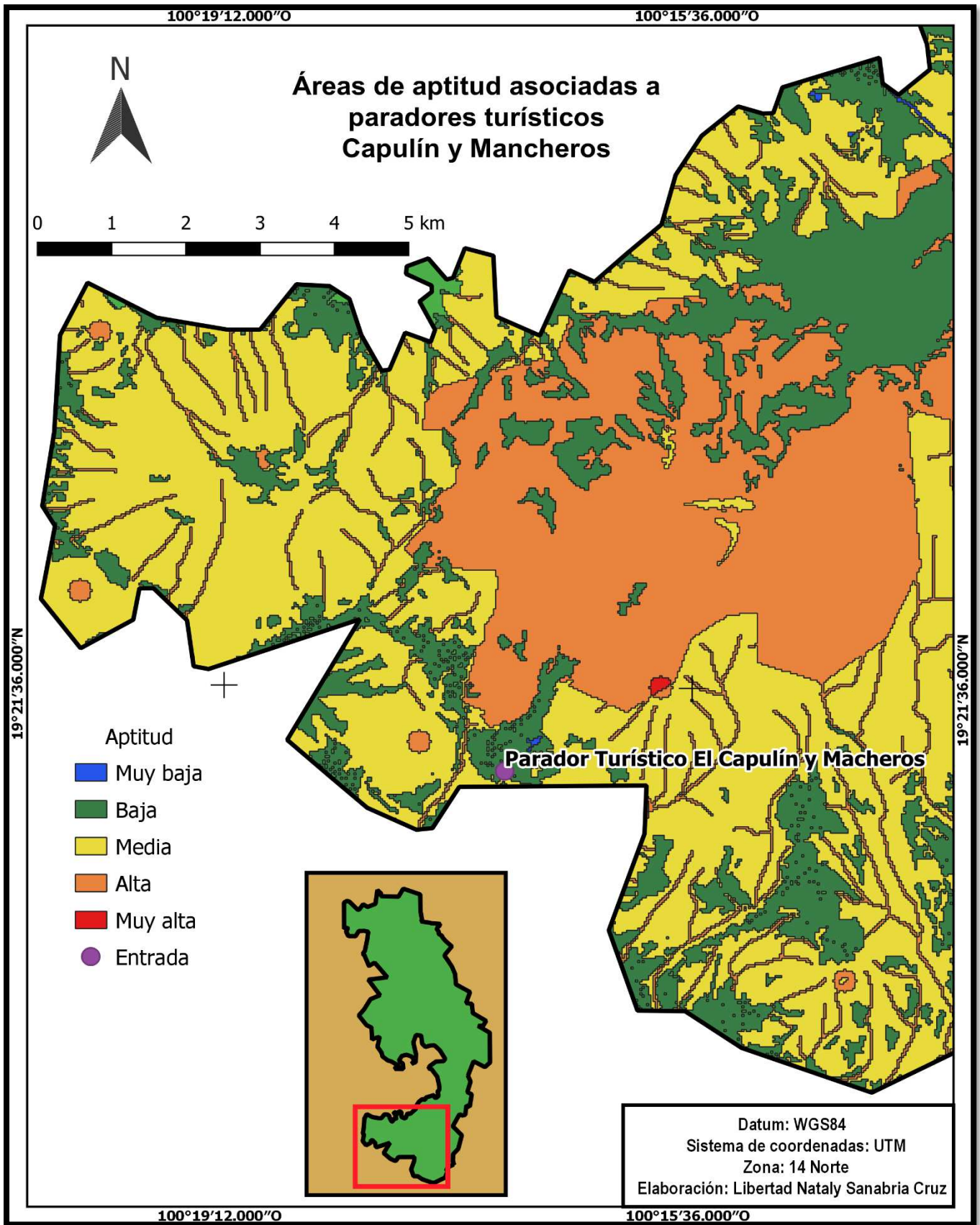


Figura 17. Áreas de aptitud asociadas al parador turístico Capulín y Macheros.

8. Discusión

Se ha encontrado que el AMC es una herramienta de gran utilidad para la evaluación ecoturística del territorio. En diversas investigaciones ha demostrado ser una metodología adecuada para la toma de decisiones relacionadas con el aprovechamiento turístico de los recursos naturales. Contrastando la metodología y los resultados obtenidos en este ejercicio, con estudios similares realizados por diferentes autores, que han evaluado la aptitud ecoturística, se pueden mencionar diferencias principalmente en el procedimiento por el cual se establecieron los atractivos con potencial turístico. Por ejemplo, autores como Franco *et al.* (2009) y Enríquez *et al.* (2010), realizaron recorridos de campo para poder elegir, con base en las características de su sitio de trabajo, los puntos con mayor potencial turístico.

Por otro lado, autores como Pérez y colaboradores (2014), en su evaluación ecoturística de la Sierra Nevada de Texcoco, así como Vázquez y Vázquez (2017) en su propuesta de corredor turístico para San Luis Potosí, utilizaron la aplicación de encuestas a turistas, expertos y autoridades relacionadas con el ecoturismo, para poder establecer puntos de interés preferentes para los usuarios. En contraste con los estudios antes mencionados, en este trabajo los atractivos se establecieron a partir de puntos conocidos como referencias geográficas en la zona, mientras que la evaluación del grado de aptitud de cada uno de ellos se estableció a partir del análisis de sus características, mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales; a partir de la contrastación entre estas metodologías, podemos rescatar que el trabajo de campo, y principalmente la integración de las apreciaciones de los usuarios, expertos y autoridades, es una pieza muy importante que debe ser tomada en cuenta para la integración del inventario de atractivos turísticos, por lo que es un aspecto que puede integrarse en este y otros análisis.

Otra característica importante a contrastar, son los criterios que se han establecido para evaluar la aptitud turística; en este trabajo se establecieron como criterios: la zonificación del área natural protegida, el tipo de vegetación y uso de suelo; los cuerpos y corrientes de agua, las características de los atractivos y el esfuerzo físico o costo para llegar a ellos, al igual que en este análisis, diversos autores (Chávez *et al.*, 2019; Enríquez *et al.*, 2010; Franco *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2014; Vázquez y Vázquez, 2017) han establecido criterios como la vegetación, el esfuerzo o acceso físico, y los cuerpos y corrientes de agua, dentro de sus respectivas evaluaciones, estos factores en muchas ocasiones se combinan entre ellos, dependiendo de la decisión de cada uno de los autores, sin embargo, es visible que en mayor o menor medida se consideran en los análisis.

El factor zonificación no parece haber sido tomado en cuenta en ninguno de los estudios, en primer lugar porque es una característica que mantienen principalmente las Áreas Naturales Protegidas y no se presenta en todas los territorios de trabajo, sin embargo, dos estudios en los que se utilizó el análisis

multicriterio para el establecimiento de atractivos y zonas turísticas en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (Chávez *et al.*, 2019; Franco *et al.*, 2009), no incorporan este factor en sus análisis, a pesar de que su área de estudio cuenta con un mapa de zonificación; es importante considerar los factores administrativos dentro de las figuras de protección, debido a su naturaleza restrictiva, pues establecen el tipo de actividades que se permiten o restringen en las diversas áreas del territorio. Incorporar este tipo de factores permite evitar inconsistencias entre las reglamentaciones y los resultados obtenidos mediante el análisis multicriterio.

En cuanto a la ponderación de los factores, en este estudio, se estableció el tipo de vegetación y uso de suelo como el factor de mayor peso, seguido de la zonificación, y en tercer lugar el costo o esfuerzo físico para llegar de las entradas a los atractivos y la importancia turística de cada atractivo en particular; autores como Franco *et al.* (2009) y Pérez *et al.* (2014) coinciden en asignar los mayores pesos a la vegetación y a la accesibilidad, sin embargo, en el caso de Pérez *et al.* (2014), la distancia y el tiempo no fueron factores determinantes en la jerarquización de los atractivos, contrastando con la gran influencia que el factor costo tuvo en la determinación de la aptitud para el análisis de la RBMM.

En otros trabajos en los que se tomaron en cuenta factores de tipo social y cultural, las ponderaciones se realizaron tomando en cuenta diversas clasificaciones, como es el caso de Enríquez *et al.* (2010), quienes analizaron los recursos del parque estatal sierra Nanchititla, clasificando sus criterios en intrínsecos (características particulares del atractivo) y extrínsecos (variables turísticas), y asignando un peso de 40 % para los primeros y 60 % para los segundos. Por otro lado, Vázquez y Vázquez (2017) clasificaron los atractivos en: naturales, culturales tangibles y culturales intangibles, asignando el mayor peso a los atractivos de tipo natural. Para efectos del análisis de la RBMM, las clasificaciones de criterios y tipos de atractivos no se tomaron en cuenta en la ponderación, el proceso se realizó considerando solamente las características de cada factor y su importancia en la actividad de caminata de observación.

Pérez y colaboradores (2014) tomaron en cuenta para la actividad de caminata factores como la accesibilidad, los cuerpos de agua y el tipo de vegetación, dando una ponderación de mayor peso al factor de la vegetación; la combinación de las variables tomadas en cuenta y las ponderaciones establecidas son similares a las que se utilizaron para la RBMM, sin embargo, los resultados arrojaron que la superficie con aptitud baja fue la más abundante en la Sierra Nevada de Texcoco con el 27 % del territorio total, seguida de la aptitud media con el 3.31 % y finalmente la aptitud alta con el 0.27%, contrastando con el territorio de la RBMM, donde la aptitud media para la caminata de observación predominó con el 48.77 % del total, seguido de la aptitud baja con el 27.05%.

En cuanto a los resultados de los puntos atractivos, se pueden mencionar de nueva cuenta los trabajos de Enríquez *et al.* (2010) y Franco *et al.* (2009), quienes reportan entre sus puntos de mayor aptitud

sitios asociados al agua, como ríos, cascadas, arroyos y peñas; mientras que en el análisis aquí realizado solamente se encontró un atractivo de muy alta aptitud asociado al agua, correspondiente a El Salto; en contraste con los autores mencionados, en la RBMM predominaron los cerros como sitios más atractivos. Este resultado se asocia en gran medida a la mayor abundancia de geformas en comparación con los recursos asociados al agua.

Es importante destacar que el análisis multicriterio también se ha utilizado para zonificaciones que involucran la conservación de los recursos, por ello es conveniente mencionar el estudio realizado por Cruz y colaboradores (2018), quienes realizaron un análisis de áreas prioritarias para la conservación en la cuenca del río Usumacinta. Su trabajo buscó identificar áreas de alto valor y vulnerabilidad a través de la metodología multicriterio; como resultado, se encontró que el territorio de estudio presenta principalmente una aptitud media y alta para la conservación. Aunque dicho análisis tiene un objetivo distinto al asociado con la aptitud turística, da cuenta de la gran potencialidad del AMC para establecer subzonificaciones relacionadas con diversos aspectos de los recursos naturales, destacando que es posible establecer factores y objetivos que combinen la conservación y los aspectos turísticos, en este caso el análisis de aptitud turística para la RBMM puede ser complementado con este tipo de líneas de trabajo.

Otra línea con la que se puede complementar el análisis, es integrando los puntos de aptitud alta y muy alta encontrados en la reserva para proponer rutas de observación e interpretación natural; también es posible incorporar aspectos bioculturales dentro y fuera de la reserva para poder integrar corredores ecoturísticos que asocien la reserva con diversos lugares de interés en la región, como han propuesto Vázquez y Vázquez (2017). De forma similar el análisis puede considerar zonas de influencia de los puntos atractivos, las corrientes y los cuerpos de agua, que permitan evaluar la aptitud en las zonas adyacentes y no solamente en el sitio específico.

Finalmente, es importante destacar como necesaria, la realización de otros estudios de aptitud turística, debido a que los pocos trabajos que se han ocupado de estos aspectos se enfocan en puntos de vista administrativos o económicos; del mismo modo se considera importante la inclusión de estudios de este tipo, en las actualizaciones del plan de manejo para la potencialización y mejora de la administración del turismo en la RBMM.

9. Conclusiones

En la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca predomina una aptitud turística media que representa el 48.77 % del territorio total; la aptitud baja corresponde con el 27.05% del territorio; mientras que las aptitudes muy alta y muy baja representan el 0.06% y el 0.85% del área, respectivamente.

Se encontraron 5 atractivos con la mayor aptitud en la zona, correspondientes a los cerros de La Guacamaya y Los madroños, una cascada conocida como El Salto, el puerto orográfico La Mula y finalmente el lugar turístico Rincón de Villalobos, siendo este último, el atractivo con el puntaje más alto de toda la reserva.

El mapa de aptitudes muestra que la entrada conocida como el Centro de Cultura para la Conservación Sierra Chincua, se encuentra asociada con los puntos de mayor aptitud, siendo la más relevante en cuanto a potencial turístico.

La zonificación establecida, así como la vegetación y el uso de suelo, son los factores que influyen de forma importante en las áreas de aptitud; mientras que el factor costo distancia-pendiente, determina fuertemente la aptitud de los atractivos específicos.

La RBMM es una zona de gran importancia turística y natural en México, en donde es necesaria la incorporación de estudios de aptitud, que faciliten un adecuado manejo de sus recursos turísticos potenciales, en este sentido, el análisis multicriterio es una metodología eficaz para la interpretación y evaluación de dichos recursos, que permite su análisis, sin dejar de considerar los aspectos relacionados con la conservación y gestión del área, además es una herramienta versátil que permite incorporar diferentes variables de importancia para los objetivos a evaluar.

10. Referencias

- Báez, A. (1996). *Ecoturismo / Turismo Responsable: el caso de Costa Rica*. San José, Costa Rica. Citado en: Báez, A. & Acuña, A. (2018). *Guía para las mejores prácticas de ecoturismo en las Áreas Protegidas de Centro América*. San José, Costa Rica: Turismo & Conservación Consultores, S.A.
- Bringas, R. & Ojeda, L. (2000). El ecoturismo ¿Nueva modalidad del turismo de masas? *Revista economía, sociedad y territorio*. (2) 7. Citado en: Pérez, C., Zizumbo, L. & Gózález, M. (2009). Impacto ambiental del turismo en áreas naturales protegidas; procedimiento metodológico para el análisis en el Parque Estatal El Ocotál, México. *Revista El Periplo Sustentable*. (16), 25-56.
- Broker, L.P. (1999). Biological necessities for monarch butterfly overwintering in relation to the oyamel forest ecosystem in Mexico. En: Hoth J., Merino L., Oberhauser K., Pisanty I., Price S. & Wilkinson T. (Comps.), *Reunión de América del Norte Sobre la Mariposa Monarca* (pp.11-28). Montreal, Quebec: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Casas, A. (2009). Reseña del libro: Flora Ilustrada de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80(003), 887.
- Chávez, F., Carreto, F., & Serrano, R. (2019). Turismo de naturaleza en el área de protección de flora y fauna (APFF) Nevado de Toluca, Estado de México, a través de la Geoinformática. *Espacio y Desarrollo*. (34), 33-56.
- CONANP. (2001). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. Recuperado el 19 de junio de 2021, de http://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DGCD/60.pdf
- CONANP. (2006). Subzonificación Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca [archivo shape]. Recuperado de <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/>
- CONANP. (2016). *Áreas Naturales Protegidas*. Recuperado el 10 de junio de 2021, de <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>
- Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC). (2016). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Subcuenca Hidrográfica de los Ríos Sambingo-Hato Viejo, Municipios de Bolívar, Mercaderes y Florencia*. Recuperado el 28 de junio de 2021, de <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20SambingoHatoviejo/Prospectiva.pdf>

- Cruz, G., Castillo, M., Espinoza, A., Bravo, L., Valencia, E. & Meza, M. (2018). Áreas prioritarias de conservación en la cuenca Usumacinta. La aplicación de un enfoque multicriterio. *Investigaciones Geográficas*. (97), 2-19.
- Eastman, J. R. (2012^a). IDRISI Selva (Versión 17.0) [Software de computación]. USA: Clark University.
- Eastman, J. R. (2012^b). *IDRISI Selva, Guía para SIG y procesamiento de imágenes*. USA: Clark University.
- Enríquez, M., Osorio, M. & Ramírez, I. (2010). Evaluación multicriterio de los recursos turísticos del Parque Estatal Sierra de Nanchititla, Estado de México. *El Periplo Sustentable*. (18), 7-35.
- Entorno turístico. (2019). *Perfil del Ecoturista*. Recuperado el 01 de marzo del 2021, de <https://www.entornoturistico.com/perfil-del-ecoturista/>
- España, M., Champo, O. & Uribe, M. (2019). Fenología de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca con series de índice de área foliar. *Ecosistemas y Recursos agropecuarios*. 6 (18), 435-449.
- Flores, M.A., Aguirre, A., Flores, M. & Guardado, X. (2010). El impacto que produce el sector turismo en los manglares de las costas mexicanas. *Revista Contactos*. (77), 33-38.
- Franco, S., Osorio, M., Nava, G. & Regil, H. (2009). Evaluación multicriterio de los recursos turísticos: Parque Nacional Nevado de Toluca-México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*. 18(2), 208-226.
- Fuenzalida, M. (2012). Evaluación de la aptitud territorial para turismo rural y de la naturaleza. En A. Moreno, G. D. Buzai & M. Fuenzalida (coords.), *Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales* (pp. 333-345). España: RA-MA Editorial.
- Galarza, S., Torres, A., Méndez, S., & Pérez, B. (2011). Herramienta de Análisis Multicriterio como Soporte Para el Diseño del Programa social de la Facultad de Ingeniería. *Estudios Gerenciales*. 27(121) 175-194.
- INEGI. (2010). Censo de población. México: INEGI. Tomado de Pinkus, M.J. & Pinkus, M.A. (2015). El Ecoturismo: Quimera o realidad en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún. *Revista Liminar. Estudios Sociales y Humanísticos*. 13(1), 69-80.
- INEGI. (2013). Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) [imagen]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>

- INEGI. (2015). Conjunto de datos vectoriales 2015 E14A25, E14A26, E14A35, E14A36 [archivos shape]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- López, J. (2009). Vegetación y uso de suelo Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca [archivo shape]. Instituto de Geografía UNAM.
- Lugo, J. (2011). *Diccionario Geomorfológico*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.
- Luna, S. (2004). *Naturaleza, cultura y desarrollo endógeno: Un nuevo paradigma del desarrollo sustentable. Una experiencia con el grupo étnico teenek en la huasteca potosina*. España: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Recuperado el 14 de junio de 2021, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2014/1377/>
- Pérez, C., Zizumbo, L. & González, M. (2009). Impacto ambiental del turismo en áreas naturales protegidas; procedimiento metodológico para el análisis en el Parque Estatal El Ocotil, México. *Revista El Periplo Sustentable*. (16), 25-56.
- Pérez, M., González, M., Valdez, J., De los Santos, H. & Ángeles, G. (2014). Aptitud ecoturística en la sierra nevada de Texcoco, Estado de México. *Revista Madera y Bosques*. 20 (2), 127-140.
- Pinkus, M.J. & Pinkus, M.A. (2015). El Ecoturismo: Quimera o realidad en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún. *Revista Liminar. Estudios Sociales y Humanísticos*. 13(1), 69-80.
- QGIS.org. (2021). QGIS Geographic Information System (Versión 3.2 Bucuresti) [Software de computación]. QGIS Association
- Roldán, I.E., Binnqüist, G. S., Bernal, A., Chávez, M. M. & Ortega, M.S. (2003). *Sistemas de Información Geográfica aplicados al manejo de Recursos Naturales*. Serie Cuadernos CBS. México: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Santos, J.M. (1997). El planteamiento teórico multiobjetivo/ multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales mediante los S.I.G. Raster. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía*. 10, 129-151.
- SECTUR. (2006). *El turismo de naturaleza: retos y oportunidades*. Recuperado el 21 de marzo de 2021, de <https://manuelmiroglio.files.wordpress.com/2011/05/el-turismo-de-naturaleza-en-mexico.pdf>
- SECTUR. (2014). *Ecoturismo*. Recuperado el 3 de marzo de 2021, de <http://www.sectur.gob.mx/hashtag/2015/04/17/ecoturismo/>

- SEMARNAT. (s.f.). *Mariposa Monarca*. Recuperado el 21 de marzo de 2021, de <http://mariposamonarca.semarnat.gob.mx/>
- SEMARNAT. (2016). *Acerca de los santuarios de la mariposa monarca*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/acerca-de-los-santuarios-de-la-mariposa-monarca>
- Serrano, R., Gutiérrez, J. & Madrigal, G. (2011). REGIÓN MAZAHUA MEXIQUENSE: Una visión desde Sistemas Complejos para la evaluación Multicriterio-Multiobjetivo. *Gestión Turística*. (16), 95-125.
- UNESCO. (s.f.). *Reserva de biosfera de la mariposa monarca*. Recuperado el 8 de enero de 2017, de <http://whc.unesco.org/es/list/1290>
- Vázquez, G. & V. Vázquez, V. (2017). Evaluación de recursos naturales y culturales para la creación de un corredor turístico en el altiplano de San Luis Potosí, México. *Investigaciones Geográficas*. (94), 1-15.
- Vera, J.F., López, F., Marchena, M. & Anton, S. (1997). Análisis territorial del turismo: una nueva geografía del turismo. Barcelona: Ariel. Citado en: López, J., Boerasu, A., & López, L. (2014). Perfiles de los visitantes análisis exploratorio en el entorno de Doñana. *International Journal of World of Tourism*, 1(1), 17-25.