

Espacio y Desarrollo N° 34, 2019, pp. 33-56 (ISSN 1016-9148)
<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201902.002>

TURISMO DE NATURALEZA EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y
FAUNA (APFF) NEVADO DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, A TRAVÉS DE
LA GEOINFORMÁTICA¹

Francisco Rafael Chávez Solano
Universidad Autónoma del Estado de México
geog_rafael@hotmail.com

Fernando Carreto Bernal
<https://orcid.org/0000-0003-3423-668X>
Universidad Autónoma del Estado de México
fcarretomx@yahoo.com.mx

Rocío del Carmen Serrano Barquín
<https://orcid.org/0000-0002-5695-751X>
Universidad Autónoma del Estado de México
rocioserba@yahoo.com.mx

Fecha de recepción: 28/10/2019
Fecha de aceptación: 20/05/2020

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es aplicar métodos y técnicas de la geoinformática considerando las condiciones físicas, biológicas y sociales que se presentan en el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), con la finalidad de identificar zonas con aptitud para el desarrollo de actividades turísticas naturales o de aventura como son *rappel* y escalada, senderismo, cabalgata, ciclismo de montaña y observación. Para ello, se retoma el método de análisis espacial a partir de la perspectiva de la Teoría de Sistemas Complejos y del Turismo de Naturaleza. Los resultados obtenidos, reflejan la potencialidad del área de protección para la implementación de actividades turísticas, para promover el desarrollo económico de las localidades que habitan al interior del APFF y a su vez, fomentar el desarrollo sustentable por medio del aprovechamiento de los recursos naturales existentes, así como promover la conservación, protección y restauración de las zonas con base a esta investigación así lo requieren. Los productos finales se integran por mapas de aptitud turística por cada una de las actividades definidas, así como una propuesta de zonificación ambiental desde la perspectiva del turismo natural sustentable.

Palabras clave: turismo de naturaleza, Nevado de Toluca, Estado de México.



Nature Tourism in the Flora and Fauna Protection Area (APFF) of Snow Capped Toluca, State of Mexico, through Geoinformatics

ABSTRACT

The main objective of this research is to apply methods and techniques of geoinformatics considering the physical, biological and social conditions that are presented in the APFF, with the aim of identifying areas with aptitude for the development of natural tourist or adventure activities such as abseiling and climbing, hiking, horseback riding, mountain biking and observation. For this, the method of spatial analysis is taken from the perspective of Theory of Complex Systems and Nature Tourism. The results obtained reflect the potential of the protection area for the implementation of tourism activities, to promote the economic development of the localities that inhabit the APFF and, in turn, to promote sustainable development through the intuitive use of existing natural resources, as well as promoting the conservation, protection and restoration of the areas based on this research, so require it. The final products are integrated by tourist aptitude maps for each of the defined activities, as well as a proposal for environmental zoning from the perspective of sustainable natural tourism.

Keywords: Nature tourism, Nevado de Toluca, Estado de México.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen diversas investigaciones realizadas en torno al Nevado de Toluca, particularmente las relacionadas con aspectos físicos, geomorfológicos y edáficos. En cuanto al Turismo de Naturaleza, puede considerarse como un tema que se está desarrollando desde hace unas décadas como una medida de desarrollo económico sustentable, el cual se define de la siguiente manera: es la actividad turística que se desarrolla sin alterar el equilibrio del medio y que promueve la conservación de la naturaleza y los ecosistemas existentes a través de la realización de actividades recreativas de apreciación y conocimiento de la naturaleza a través de la interacción con la misma. La Organización Mundial del Turismo (OMT, 2002, p. 4) lo define como «todo tipo de turismo basado en la naturaleza, en el que la principal motivación es la observación y apreciación de la naturaleza, así como de las culturas tradicionales». Este ha evolucionado a otro tipo de turismo y, dentro de la perspectiva de la sustentabilidad (Martínez, 2017) que considera las modalidades de ecoturismo (OMT, 2019), turismo de aventura y turismo rural como parte del turismo alternativo (Secretaría de Turismo [Sectur], 2004). Este provee a las localidades receptoras el medio para una mejora en la calidad de vida al buscar incentivar un desarrollo sustentable.

Como puede apreciarse, el turismo de naturaleza está directamente vinculado con el turismo sostenible y, en la actualidad, con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con los objetivos números trece —acción por el clima— y quince

—vida de ecosistemas terrestres— (Naciones Unidas, s.f.); pues está relacionado con los ecosistemas naturales y su biodiversidad, que ayudan a mantener el clima. Por este motivo, las áreas naturales protegidas adquieren una gran relevancia, dado que es en ellas donde se lleva a cabo la actividad turística. El turismo sostenible es definido por la OMT como el «que tiene en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas» (OMT, s.f. citado en Martínez, 2017, p. 3 y OMT, s.f., párr. 1). Algunas consideraciones base para establecer el turismo sustentable —por la legislación mexicana— o sostenible, establecidas en la Carta Mundial de Turismo Sostenible +20, la cual retoma los principios de la Carta Mundial de Turismo Sostenible de 1995 y que reconocen los ODS, establecen que el turismo debe apoyar la conservación de la naturaleza y la biodiversidad para la existencia de un ambiente sano y para favorecer la toma de conciencia sobre su valor intrínseco. Además, debe dar respuesta inmediata al cambio climático, y debe participar de su propia resiliencia y reducir las emisiones de carbono y otros gases de efecto invernadero, así como innovar en el uso de energía, recursos, transporte y otros sistemas de comunicación; entre otros (GSTC-RTI-TEA, 2015).

En este contexto, una de las instituciones de gobierno estatal que está tomando con seriedad el desarrollo sustentable y económico es la Secretaría de Fomento Turístico del Estado de Yucatán (Sefotur). Esta tiene el objetivo de facilitar al visitante una guía útil y práctica, y desarrolla el Mapa de Rutas de Turismo de Naturaleza de Yucatán donde se puede encontrar los principales destinos de naturaleza, arqueología y cultura del Estado. De manera dinámica y atractiva, cada ruta es definida con un color que señala los atractivos más destacados (Sefotur, 2018).

Otros trabajos en materia de turismo sustentable son Estrada y De la Cruz (2008). Estos autores presentaron el Análisis de las condiciones ambientales para el aprovechamiento ecoturístico en la Hacienda Tejalpa, donde resaltan variables de tipo físico para la identificación de zonas aptas para el desarrollo de actividades de campismo, cabalgata, rutas transitables y zonas de conservación. Por su parte, Osorio y Franco (2008) desarrollaron el proyecto de investigación Programa para el Desarrollo Turístico Sustentable del Parque Nacional Nevado de Toluca, México, cuyo objetivo fue elaborar un Programa de turismo sustentable en el que se establecen las directrices para su aprovechamiento recreativo-turístico en beneficio de las localidades rurales localizadas en la zona.

En el ámbito gubernamental, se ha realizado diferentes planes y programas con objetivo de proteger y restaurar el Nevado de Toluca, al resaltar la belleza paisajística que este posee. Por ejemplo, el Programa para el Desarrollo Múltiple del APFF elaborado por la Protectora e Industrializadora de Bosques (Protinbos) (s.f.), el cual promovió el desarrollo del Área de protección, en virtud de sus características ecológicas, de

localización, política y social. Asimismo, se cuenta con el Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2016).

Además, existen investigaciones enfocadas a la determinación de sitios con aptitud turística por medio de análisis multicriterio-multiobjetivo que no se refieren al Nevado de Toluca. Luque (2003) realizó una investigación titulada «La evaluación del medio para la práctica de actividades turístico-deportivas en la naturaleza», la cual se basó principalmente en la identificación de variables y criterios, denominados «requerimientos ambientales», resultado de la relación entre las actividades turístico-deportivas y el medio natural, con la finalidad de reducir los impactos ambientales.

2. LOCALIZACIÓN DEL APFF

El área de estudio corresponde a la elevación Nevado de Toluca, a partir de su declaratoria, la cual se localiza en la parte central del estado de México entre los 19.01° y 19.30° de latitud norte y del -99.64° al -99.95° de longitud. El área pertenece a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac y cuenta con una superficie total de 537,83 km² (Figura 2). Las características geológicas, climáticas, edafológicas y de vegetación de este volcán, así como los beneficios que de esa zona se derivan, motivaron que, en 1936, por decreto presidencial, se estableciera como Parque Nacional a partir de la cota 3000 m s. n. m., con la finalidad de conservar los bosques y su belleza natural.

El APFF se localiza al suroeste del valle de Toluca a una distancia aproximada de 25 km de la ciudad de Toluca. Este es parte del sistema neovolcánico transversal de la República Mexicana, el cual atraviesa al país en su parte central (Figura 2), además de delimitar las zonas biogeográficas neártica y neotropical, a las que se debe la gran biodiversidad del país (Rzedowski, 1978) (Figura 1).

Figura 1. Localización del PNNT



Fuente: Límites municipales.

El primer decreto del APFF contempla como zona de protección —también llamada «zona de amortiguamiento»— una franja de cien metros con respecto a espacios agrícolas y de asentamientos humanos (Diario Oficial de la Federación [DOF], 1936). Sin embargo, dicho documento hacía referencia a las áreas agrícolas y urbanas que para 1936 existían. Hoy en día la situación es diferente, y se ha hecho uso y aprovechamiento de los recursos existentes en el parque, por lo que la situación ambiental del Nevado se ha visto seriamente alterada a partir de la fecha de su declaratoria.

El último decreto fue el 1 de octubre de 2013, fecha en que se publicó en el DOF el decreto que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del decreto publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada «Nevado de Toluca» que fue modificado el 19 de febrero de 1937, el cual le otorga la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna, de conformidad con el artículo primero del referido decreto. Es importante destacar que de ninguna manera se minimiza la importancia en la conservación de sus condiciones biológicas y su entorno ecosistémico, dado que, de conformidad con la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* (DOF, 2008), las áreas de protección de flora y fauna se constituyen en lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación depende la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres. Aunque en dichas zonas se puede autorizar el aprovechamiento de recursos naturales, esta categoría de protección permite el establecimiento de modalidades para este tipo de aprovechamientos, con la finalidad de preservar las especies de flora y fauna que son objeto de protección, así como los hábitats en donde estas se desarrollan (Comisión Nacional de Áreas Protegidas [CNAP], 2013, p. 2).

3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Este apartado indica las variables, enfoques, métodos y técnicas que se utilizaron en esta investigación para desarrollar el objetivo general planteado, desarrollados en los siguientes sub apartados.

3.1. Variables geográficas

En cuanto al «subsistema natural», el Nevado de Toluca tiene el atractivo principal del área de estudio relacionada con su estructura volcánica, la altitud, la presencia de climas y paisajes invernales que atraen al visitante. Esta estructura se caracteriza por su cráter tipo caldera, producto de erupciones lávicas (andesitas), que dan origen a formaciones que llegan a altitudes de 4680 m s. n. m. en la formación conocida como Pico del Fraile. La zona ha sido estudiada y caracterizada por diferentes autores, ya sea mediante investigaciones de tipo geomorfológico o geológico estructural. Para los fines de la presente investigación, basta con hacer referencia al sustrato geológico

superficial, en el cual se localizan las condiciones ideales para el desarrollo de ciertas actividades turísticas (INE, 2003).

El sitio en cuestión se conforma en su totalidad por la estructura volcánica del propio Nevado de Toluca, compuesto por una serie de capas de lava andesítica que descansan sobre una formación de rocas calcáreas del Cretácico con Edad del Plioceno al Pleistoceno. Estas datan de hace unos 30 000 años (GEM, 1999). Según García-Palomo et al (2002), la zona se constituye principalmente por rocas ígneas extrusivas del Terciario-Cuaternario de tipo basaltos, andesitas, tobas y brechas. Está conformado por domos, flujos de lava cortos y viscosos, así como depósitos de gran volumen de flujos piroclásticos y epiclásticos que descansan sobre un basamento complejo volcánico sedimentario, con edad del Jurásico al Mioceno Tardío; y se encuentra asentado sobre la intersección de tres sistemas de fallas: Taxco-Querétaro (NN-SSE), San Antonio (NE-SW) y Tenango (E-W).

En lo referente a su fisiografía, el Nevado de Toluca se localiza en la Provincia del Sistema Volcánico Transversal dentro del Bloque Guerrero, limitado por el sistema de fallas Chapala-Tula al norte y por el sistema Oaxaca- Chapala hacia el Sur (Pasquaré, et al. 1987; Johnson and Harrison, 1990; en García-Palomo, et al. 2002). Estructuralmente, la zona comprende dos complejos volcánicos, el propio Volcán Nevado de Toluca y el Volcán San Antonio.

La estructura volcánica del Nevado de Toluca se encuentra modelada por diversos procesos morfogenéticos, asociados a la actividad volcánica y a la influencia del modelado glaciar, así como por cambios de uso de suelo, principalmente de forestal a agrícola; desarrollo de actividades pecuarias y extracción de materiales pétreos empleados en la construcción Espinosa (2003). Con base en información geomorfológica de Aceves Quezada (2007), el cual consideró la metodología de Lugo (1988), fueron definidas cuatro unidades geomorfológicas presentes en el Volcán Nevado de Toluca: edificio principal del volcán Nevado de Toluca, relieve volcánico asociado al Nevado de Toluca, nivel de base y relieve prevolcánico.

Las temperaturas medias mensuales fluctúan entre los 2 °C y los 5 °C, mientras que las temperaturas máximas extremas llegan hasta los 21 °C en el verano y las mínimas extremas bajan a -10 °C en invierno. Se puede apreciar que las diferencias de temperatura entre los máximos y mínimos van de los 20 °C a los 25 °C. Esto, a su vez, provoca climas extremos y temperaturas gélidas, que, en combinación con la humedad, propician nevadas y granizadas que traen consigo grandes cantidades de agua benéficas para las zonas de cultivo y recarga de acuíferos.

En el Nevado de Toluca, descienden innumerables escurrimientos que, conforme van llegando a las partes bajas, se unen para formar afluentes tributarios del Lerma —en la parte norte— y del Balsas —en la parte sur—. Por esta razón, la zona es considerada como el área importante de captación de la cuenca del río Lerma, el cual, a su vez, abastece de agua a los habitantes de las ciudades de México y Toluca.

Una vez identificados y definidos los componentes del medio físico dentro del subsistema natural, hace falta considerar los componentes biológicos, integrados por la flora y fauna del área de estudio. Estos, a su vez, están influenciados por las condiciones físicas del entorno, lo que convierte al APFF en una zona de condiciones ambientales favorables para promover su riqueza biológica y paisajística a nivel nacional.

La vegetación presente en el APFF es definida por el tipo de clima, altitud y tipo de suelo, por lo que hay autores que reflejan dicha información con base en estratos altitudinales como lo menciona Espinosa (2001). Asimismo, las comunidades vegetales de bosque de pino de las especies *Pseudotsuga* y *Ayacahuite* se desarrollan de los 2800 a los 3200 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.); el *Montezumae*, de los 3000 a los 3200; y de *Pinus hartwegii* de los 3500 a los 4000 m s. n. m. En la zona intermedia, y en zonas protegidas con alturas de 3000 a 3500 metros, la especie dominante es el oyamel —*Abies religiosa*— que forma bosques de espesura muy cerrada.

El subsistema socioeconómico considera la estructura social y económica de la zona a partir de la identificación de las localidades que en este habitan, así como las principales actividades de las cuales se sustenta la población rural residente dentro del área de estudio. Es importante considerar factores externos que, con base en García (2006), generan condiciones de entorno que influyen directamente en el comportamiento y evolución de un sistema complejo. En este sentido, la tenencia de la tierra el régimen de posesión predominante es el ejidal, seguido por el comunal y privado.

En su totalidad el área de protección está conformada por 111 poligonales, ya sean de tipo comunal, ejidal, federal, privado y por localidades. Los terrenos que mayor superficie tienen son Comunal de Santiago Tlacotepec, Ejido de Santa María del Monte, Comunal de Calimaya, Ejido de Coatepec Harinas y los terrenos federales del Cráter del Nevado de Toluca. La situación legal de las tierras presenta innumerables problemas sociales por el control de estas y de los recursos que hay a su interior, lo cual ha llegado a afectar el control, administración y vigilancia de dichos predios.

Por lo anterior, es común observar a residentes de la zona, como a turistas —en este caso, mayoritariamente excursionistas que se quedan en el lugar unas horas— quienes recorren dichos caminos, ya sea para realizar actividades deportivas como correr, caminar o montar a caballo; así como para el traslado y comunicación entre las distintas localidades que se encuentran a su interior. Estos turistas o visitantes viajan en familia (59%), así como jóvenes (27%) de entre veintiuno y cuarenta años (65%), que viajan en grupo. Uno de los paseos tradicionales de la población del valle de Toluca y de los alrededores, tiene como principal motivación es recreación y el descanso (42%) y la convivencia familiar (38%) (Osorio, Franco, Ramírez, Nava, Espinoza de los Monteros y Regil, 2011). Las localidades presentes en la zona, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se conformaban por veintiún localidades dentro del APFF, de

las cuales los municipios de Toluca, Villa Guerrero y Villa Victoria son las únicas que no presentan localidades en su interior. La población total contabilizada para 2010 fue de 5297 habitantes.

Otra actividad derivada de las prácticas económicas que afectan directamente al área es la actividad ganadera, reflejada por medio del sobrepastoreo, principalmente bovino y vacuno. Este, al compactar el suelo, genera la disminución de infiltración de agua, así como la erosión y fragmentación e inclusive la pérdida de cobertura forestal en proceso de desarrollo. Las actividades se practican en la zona de pastizales de los municipios de Almoloya de Juárez, Amanalco, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Guerrero y Zinacantepec con un total de 676 unidades de producción de ovinos y 191 de bovinos (Semarnat, 2016, p. 65). Se desconoce el número de cabezas de ganado y el impacto que este tiene en el área de estudio.

Finalmente, el 70% de los usuarios procede de la ciudad de Toluca; 15%, del Distrito Federal; 10%, de municipios cercanos que pertenecen al estado de México; y el resto de otras entidades federativas. Es mínimo el número de visitantes nacionales o extranjeros. La mayoría de estos últimos corresponde a personas que acuden para acondicionarse físicamente. La afluencia está concentrada en cinco puntos bien delimitados: El Mapa, Dos Caminos, Parque de los Venados, el Cráter y Parque Ejidal Cacalomacán (GEM, 1999).

3.2. Análisis y evaluación multicriterio-multiobjetivo

Este método plantea, en primer lugar, la identificación y definición de los componentes del método de evaluación, ya que, a partir de ellas, se delimitaron los criterios para los sitios con aptitud turística en el APFF. Se hace referencia de la definición de términos empleados en el módulo MCE de IDRISI que se encuentran referidos en la *Guía para SIG y procesamiento de imágenes* de J. Ronald Eastman (2006).

Para el caso de la evaluación multicriterio, IDRISI cuenta con dos opciones para realizar el análisis:

- a) *Supercapa booleana*: Se basa en declaraciones lógicas de adecuación y comparación para la selección de criterios identificados mediante 0 y 1 donde por lo regular el 0 se refiere a las zonas que no cumplen la condición y el 1 a los sitios donde existe la condición deseada.
- b) *Combinación lineal ponderada*: Se basa en criterios continuos —factores— que son estandarizados en un rango numérico común, y luego combinados por un promedio ponderado. El resultado de dicho procedimiento es un mapeo de valores continuos que luego puede ser reclasificado por una restricción booleana, para dar lugar a un criterio cualitativo y finalmente se impone un umbral para producir una decisión final.

En seguida, se empleó la técnica de Saaty (1977) para evaluar las comparaciones con base en una escala de posición continua compuesta por nueve puntos, la cual toma como base el vector propio principal de una matriz recíproca cuadrada de comparaciones por pares de criterios (Figura 2). En dicha escala, el valor uno significa que los criterios son igualmente importantes, mientras que el nueve se refiere a que un criterio es mucho más importante que su criterio par, por el contrario, un valor de 1/9 indica que cierto criterio es menos importante que su criterio par.

Figura 2. Escala de evaluación de posición continua

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
sumamente	muuy fuertemente	fuertemente	moderadamente	igualmente	moderadamente	fuertemente	muuy fuertemente	sumamente
Menos importante					Más importante			

Fuente: Eastman, 2006.

La aplicación de la escala de posición se integra por cada uno de los criterios a considerar en la evaluación multicriterio, lo que da como resultado la representación numérica de valores por medio de una matriz de comparación por pares (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz de comparación por pares

	Gradiente de la pendiente	Textura del suelo	Cobertura vegetal	Gradiente altitudinal	infraestructura de caminos
Gradiente de la pendiente	1				
Textura del suelo	1/3	1			
Cobertura vegetal	½	4	1		
Gradiente altitudinal	1/7	3	1/5	1	
Presencia de caminos	3	2	1/9	5	1

Fuente: Tomada de Eastman (2006).

La matriz de comparación por pares representa la asignación de pesos en función a la escala de posición continua, donde solo se requiere llenar la mitad triangular inferior de la matriz, por tratarse de datos recíprocos. Una vez definida la matriz de comparación por pares, se procede con el cálculo de pesos ponderados (Tabla 2), para lo cual es necesario sumar los de cada columna y luego promediarlas todas. Esto es, la suma de la primera columna es 4,97; posteriormente, se dividen cada uno de los valores de las celdas de la primera columna entre la suma de la columna (Tabla 2). Donde al final la sumatoria debe dar como resultado el valor uno.

Tabla 2. Ejemplo de cálculo de pesos para obtener el vector propio de la matriz de comparación por pares

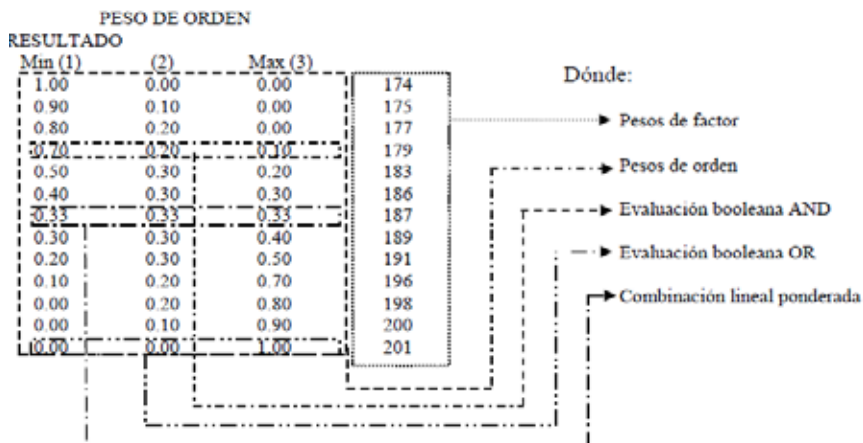
Gradiente de la pendiente	.20
Textura del suelo	.07
Cobertura vegetal	.10
Gradiente altitudinal	.03
Presencia de caminos	.60

Fuente: Eastman (2006). Modificada como ejemplo de las actividades turísticas. Elaboración propia.

Asimismo, Saaty (1977) considera que la matriz de comparación por pares puede evaluar también la importancia relativa de los criterios mediante la identificación del grado de consistencia, al cual denomina tasa de consistencia y se refiere a la probabilidad de que los puntajes de la matriz se generen de manera aleatoria. Para Saaty, los valores de la tasa de incertidumbre no deben ser mayores a 0,10 para poder asegurar la consistencia de los datos, por lo que un valor mayor a 0,10 requiere del análisis para determinar donde existen las inconsistencias de los pesos.

Una vez que hubo quedado definido el método empleado en la presente investigación, es necesario considerar la intersección booleana, combinación lineal ponderada —WLC— y el promedio ponderado ordenado OWA, ya que pueden surgir combinaciones, de tal manera que al principio se pretendan cumplir con objetivos independientes y al final se puedan identificar sitios con aptitud turística para actividades de naturaleza. Para ello sería necesario realizar un método de evaluación multiobjetivo o en su caso ponderar variables con base en jerarquías por objetivo (Figura 3).

Figura 3. Cuadro comparativo de pesos por factor y por orden del método de evaluación multicriterio



Fuente: Eastman (2006). Modificación propia.

Análisis y evaluación multicriterio para la determinación de zonas con aptitud turística. Se realizó un análisis multicriterio para conocer la aptitud del territorio para el desarrollo de actividades turísticas por medio de las siguientes fases:

- Definición de objetivos. Cada una de las actividades tiene como objetivo investigar los sitios que dentro del APFF reúnen las características físico-sociales óptimas para realizar turismo de naturaleza, con el objeto de promover su aprovechamiento y desarrollo. Cabe destacar que los presentes objetivos consideran únicamente las condiciones ambientales y sociales existentes, por lo que no se contempla el equipamiento, adecuación e infraestructura con fines de crear ambientes aptos para dichas actividades.
- Recopilación de información. La aplicación del método multicriterio con fines de determinar sitios con potencial turístico requirió de información temática acorde a los objetivos específicos de la presente investigación.

La asignación de pesos (valores) a los criterios se definió en función a la escala de evaluación propuesta por Saaty (1977), la cual fue modificada y representada en valores porcentuales para cada criterio, en función de las principales necesidades por actividad. La asignación de los pesos permitió reflejar, por una parte, los cambios en el rango de variación para cada criterio de evaluación y los diferentes grados de importancia adheridos a estos rangos de variación, ya que cada uno tiene diferente importancia en el logro del objetivo de cada sector. A continuación, se presentan el análisis de componentes por actividad turística con base en diagramas de asignación de pesos porcentuales, cuya estructura metodológica corresponde a la definición de sistemas complejos planteada por García (2006). Estas actividades se eligieron tomando en consideración las actividades propias del turismo de naturaleza —de aventura, rural y ecoturismo—, así como las características de la zona de estudio que permiten realizar ciertas actividades y no otras, debido al clima, la topografía, tipos de roca y suelos, el paisaje, las condiciones de la vegetación, los caminos preexistentes y las poblaciones ahí asentadas. Para obtener la información que permitió identificar las necesidades propias de cada una de las actividades se elaboraron cincuenta cuestionarios que se aplicaron durante un año —de enero a diciembre, los sábados y domingos— a los practicantes de cada una de ellas, por lo que se identificaron los lugares aptos para su práctica que cumplieran con los requerimientos o criterios.

- *Rappel* y/o escalada. El ascenso y descenso de paredes rocosas, que requiere de áreas aptas para la práctica del *rappel* y/o escalada, según las condiciones de pendiente y tipo de roca.
- Ciclismo de montaña. El uso de la bicicleta para recorrer una ruta específica con fines de esparcimiento, deporte o en su caso circuitos profesionales de ciclismo busca espacios con cierto tipo de retos para llevarla a cabo.

- Caminata, *trekking* o senderismo. Se refiere a la actividad física que consiste en caminar preferentemente por senderos que faciliten la accesibilidad a zonas con atractivos naturales o ambientes artificiales.
- Cabalgata. Es una actividad orientada a personas con o sin experiencia que quieran experimentar la sensación de pasear a caballo por senderos, valles y montañas, con el objetivo de convivir con la naturaleza y admirar los paisajes, flora y fauna.
- Observación. Esta actividad es muy similar a la planteada en el caso de la caminata; sin embargo, dados los criterios aplicados para la identificación de estas zonas, se propuso como objetivo sitios para la observación del paisaje por medio de la identificación de barrancas, así como la observación de tipo sideral.

Finalmente, una vez identificados los criterios para cada una de las actividades, se procedió a recopilar la información cartográfica —topografía, edafología, vegetación, modelo de elevación y geología— correspondiente al APFF y, dadas las condiciones espaciales de los criterios, se consideró como lo más adecuado trabajar con información a escala 1:50 000. Del mismo modo, se usaron los mismos criterios para registrar información básica relacionada con las actividades, asistentes y el objetivo de la visita al APFF durante el año de trabajo de campo.

3.3. Los sistemas complejos para la determinación de sitios con potencial turístico

Dentro del presente apartado se presenta la teoría de sistemas complejos propuesta por Rolando García (2006), adaptada por Serrano-Barquín (2008; Serrano-Barquín, Serrano-Barquín, Panosso-Netto, Castillo-Néchar y González-Guerrero, 2012) y Palmas, et al. (2014 y 2017). A partir de dicha teoría, se pretende analizar un área natural protegida integrada por aspectos naturales y socioeconómicos que interactúan de manera constante, propiciando la conformación de condiciones especiales que pueden permitir el desarrollo de actividades turísticas de naturaleza, considerando las normas de conservación, restauración, protección y aprovechamiento.

Con esta idea fue posible identificar los límites, subsistemas y componentes que integran la zona de estudio mencionados anteriormente, así como la importancia que cada uno de ellos representa. Además, permitió conocer las interacciones e interrelaciones entre los diversos componentes del sistema, ya que, a partir de ellos, es posible la creación de condiciones idóneas para llevar a cabo actividades turísticas de naturaleza como *rappel*, escalada, ciclismo de montaña, senderismo, cabalgata y observación del paisaje.

La identificación de un sistema surge a partir de la percepción de un entorno, con base al conocimiento, observación y experiencia obtenida, a fin de generar un conocimiento empírico, el cual, con el pasar del tiempo genera una teoría sobre la explicación de ciertas causas o efectos relacionados con un fenómeno determinado

(García, 2006). Con base en la teoría de sistemas complejos, lo primero a identificar son los límites, con base en los cuales será posible definir subsistemas, componentes y demás elementos que lo hacen complejo.

En este tenor, los límites de la zona de estudio se relacionan con la identificación de dos criterios: en primer lugar, considera la zona como el recorte del espacio perceptible, lo cual resulta difícil de identificar, ya que la percepción del espacio depende directamente del observador; en segundo lugar, se refiere a la delimitación con base en las interacciones que se presentan dentro del sistema, de tal manera que es necesario identificar las interacciones dentro y fuera del sistema (García, 2006, p. 48).

Los niveles de análisis se pueden comparar con las escalas para el manejo de información cartográfica. El primer nivel correspondería con una escala local; el segundo, con una escala regional; y, finalmente, los de tercer orden serían en escalas nacionales o internacionales (García, 2006, p. 59). A partir de esta escala de análisis fue posible identificar los procesos y la dinámica presente entre sus componentes o subsistemas. De manera similar, el turismo se retoma desde el nivel internacional como las propuestas generadas desde la OMT y otros como las Naciones Unidas, el nivel regional o nacional como las políticas turísticas establecidas por el gobierno Federal y Estatal, hasta el nivel local con los intereses de la comunidad y las autoridades municipales para incentivar y participar en el turismo.

A nivel de estructuras, dentro del APFF es posible identificar estructuras relacionadas con los aspectos físicos, biológicos y sociales. Cada uno de ellos estará compuesto por elementos que tendrán las propiedades de poseer información a mayor detalle con base en los objetivos de la presente investigación. De lo anterior, es posible concluir que la metodología de análisis de sistemas complejos requiere de una vasta experiencia en el manejo de conocimiento, por medio de la teoría, como de una metodología capaz de integrar el conocimiento generado, por múltiples disciplinas que pudieran abordar el presente tema y zona de investigación.

En resumen, el APFF es la zona de estudio delimitada como un espacio en el que convergen factores de tipo físico, biológico y social capaces de generar las condiciones ideales para la práctica de actividades turísticas de tipo natural que tienden a la sustentabilidad de los recursos naturales, teniendo como prioridad el aprovechamiento de las condiciones existentes sin necesidad de generar impactos negativos a las condiciones de entorno del APFF.

3.4. Sustentabilidad, turismo y análisis espacial

Otra perspectiva de análisis que también se aplicó en el área de estudio radica en el marco de la geografía física y, desde la perspectiva ambiental, para finalmente evaluar los factores y elementos y con ello establecer propuestas de sitios con fines de aprovechamiento turístico.

La sustentabilidad y medio ambiente desde la perspectiva de la geografía, según Arcía (1994), la geografía del medio ambiente tiene como objeto conocer el estado del medio ambiente en su dimensión territorial, así como crear las bases desde el punto de vista teórico y metodológico, tomando en consideración las interrelaciones presentes entre el sistema naturaleza-sociedad dentro de un marco espacio-temporal determinado, para poder establecer las actividades turísticas más adecuadas a la zona delimitada.

Arcía (1994, p. 46) define al medio ambiente como un «sistema abierto conformado por relaciones bilaterales entre la sociedad y la naturaleza; lo identifica como el sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con los que el hombre entra en contacto, los que son modificados y utilizados para la satisfacción de sus necesidades y a los que él mismo se adapta».

Es en este sentido que la geografía, como ciencia, trata la relación del sistema del medio natural y del sistema de la sociedad humana en el espacio y tiempo. De ese modo, resalta muchas de las capacidades que tiene para resolver diferentes aspectos de la problemática ambiental, sobre todo en los tiempos modernos, en los cuales la aplicación de nuevas tecnologías de la información aplicadas a la geografía tiene importancia y relevancia sobre todo en el ámbito gubernamental (Rivera, 2006).

Por otro lado, la evaluación multicriterio es «un conjunto de técnicas orientadas a asistir a los procesos de toma de decisión, investigando un número de alternativas a la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto» (Barredo, 1996, p. 47); sin embargo, uno de los problemas de usar esta técnica para la ciencia geográfica son las numerosas alternativas existentes en la resolución de un problema de planificación ambiental. El uso de una segunda herramienta puede resultar clave: los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos posibilitan el trabajo con múltiples capas de información temática o sectorial y resultan útiles para ordenar los datos de forma georreferenciada y evaluar los resultados alcanzados eficazmente (Santos, 1997: 130, citado por Luque, 2003). Para este trabajo se aplicaron a la actividad turística.

Los SIG entendidos como «el conjunto de herramientas para reunir, almacenar (en la computadora), recuperar, transformar y representar datos espaciales del mundo real para un grupo particular de propósitos» (Burrough, 1986, citado por Barredo, 1996, p. 2). Estos se han empleado en los últimos años; sin embargo, en el campo del turismo, se aprecian aún ciertas carencias a pesar de las grandes posibilidades que este presenta para la ordenación y gestión del espacio con fines turísticos.

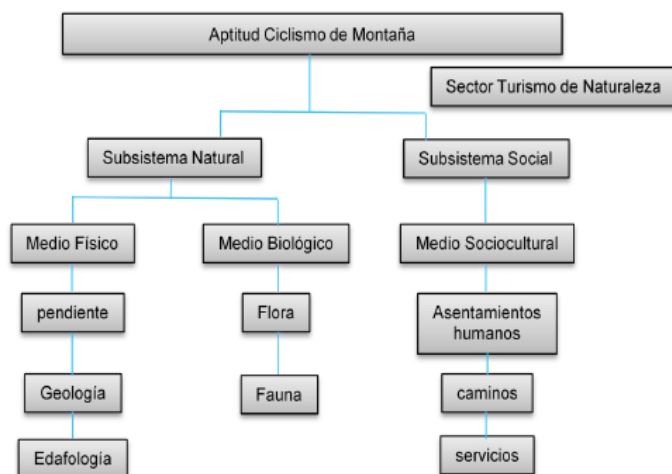
El análisis espacial multicriterio y multiobjetivo, según De Cos (2007), se define como el «conjunto de operaciones espaciales para lograr un objetivo teniendo en consideración simultáneamente todas las variables que intervienen» (Barredo, 1996), bien sean factores o restricciones, sirve de soporte para diversidad de objetivos, frecuentemente relacionados con la toma de decisiones espaciales y en ocasiones derivados hacia la evaluación multiobjetivo cuando entran en juego fuerzas de competencia entre diferentes usos.

Es importante tener en cuenta la existencia de dos tipos de variables: de naturaleza continua, que actúa como factores, y por tanto, se trata en la fase de estandarización siguiendo los principios de la «lógica difusa» (Eastman, 1999); y las variables discretas, que constituyen restricciones y su funcionalidad en el método puede encuadrarse en los principios de la «lógica booleana». Por lo anterior, es necesario establecer un sistema de estandarización, dado que las variables originales se expresan en unidades de medida diferentes, con rangos distintos y con una amplia gama de posibilidades de interpretación en función de la representatividad o adecuación para un objetivo concreto (De Cos, 2007).

Una vez identificadas las variables, se procede a la preparación de criterios. Es en este punto que los factores y restricciones comienzan a tratarse de forma diferente. De esta manera, se generan mapas en los que la variable es sustituida por un determinado valor de adecuación (Eastman, 1999). De este modo, los *grids* que representan los factores se traducen a mapas de adecuación en escala de *byte* (0-255), siguiendo grados de adecuación progresivos y regresivos, de modo que superan las imposiciones de la lógica booleana, al estandarizar variables espaciales según funciones de pertenencia difusa, adaptadas al comportamiento espacial de los fenómenos territoriales en el mundo real, se superan la imposición de líneas imaginarias booleanas que marcan el límite categórico entre lo que es óptimo y la adecuación nula. Asimismo, se puede hacer referencia a la evaluación multicriterio como un conjunto de técnicas orientadas a asistir los procesos de toma de decisión, a fin de investigar un número de alternativas a la luz de múltiples criterios y objetivos (Eastman, 1999).

En resumen, el desarrollo sustentable, el turismo de naturaleza y el análisis espacial, emplearon bajo un enfoque de evaluación multicriterio-multiobjetivo, que requirió la definición de las variables y su consecuente asignación de objetivos. Para ello, se planteó este método con fines de determinar sitios con potencial o aptitud turística en el APFF. La evaluación multicriterio ha permitido, realizar la propuesta de estructuración en el análisis de una actividad en específico. De ese modo, se retomó la propuesta planteada por Semarnat (2006) en el *Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico*. En la Figura 4 se puede observar las variables que coadyuvan en el subsistema natural y social adaptada al objetivo del turismo de naturaleza.

Figura 4. Ejemplo de estructura jerárquica de factores y atributos



Fuente: Semarnat, 2006.

4. RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación basada en la evaluación multicriterio consideraron aspectos físicos, biológicos y sociales, desde el enfoque de los sistemas complejos y el turismo de naturaleza, mencionados anteriormente. De ese modo, se dio prioridad a las condiciones del área de estudio con la finalidad de promover su aprovechamiento, conservación o, en su caso, proponer medidas de recuperación y acondicionamiento. En la mayoría de los casos, fue necesario considerar las condiciones de degradación de los suelos, ya que actividades como caminata, cabalgata y ciclismo de montaña, generan fuertes impactos sobre el substrato edáfico de la zona, que, por tratarse de un área natural protegida, considera como prioridad de protección de los recursos naturales. Por esta razón, se consideró necesario que, en forma adicional a la evaluación multicriterio de las actividades, se tomara en cuenta la identificación de los grados de pérdida de suelo por medio del cálculo de erosión hídrica laminar y eólica del APFF. A partir de información concerniente a aspectos físicos de geología, edafología, pendientes y en lo biológico se consideró el uso de suelo a partir del mapa de vegetación 2006 modificada por Franco, Regil, González y Nava (2006):

- **Actividad de *rappel* y escalada.** Una vez identificados los criterios, factores y restricciones, así como la asignación de pesos (valores), se procedió a realizar la evaluación por medio del análisis de imágenes. El primer paso por realizar fue la estandarización de la información con base en la clasificación en valores continuos y restricciones en booleanos. De dicho proceso, se obtuvieron once

puntos potencialmente aptos para el desarrollo de actividades de *rappel* y escalada distribuidos principalmente en la parte centro sur del APFF (Figura 5).

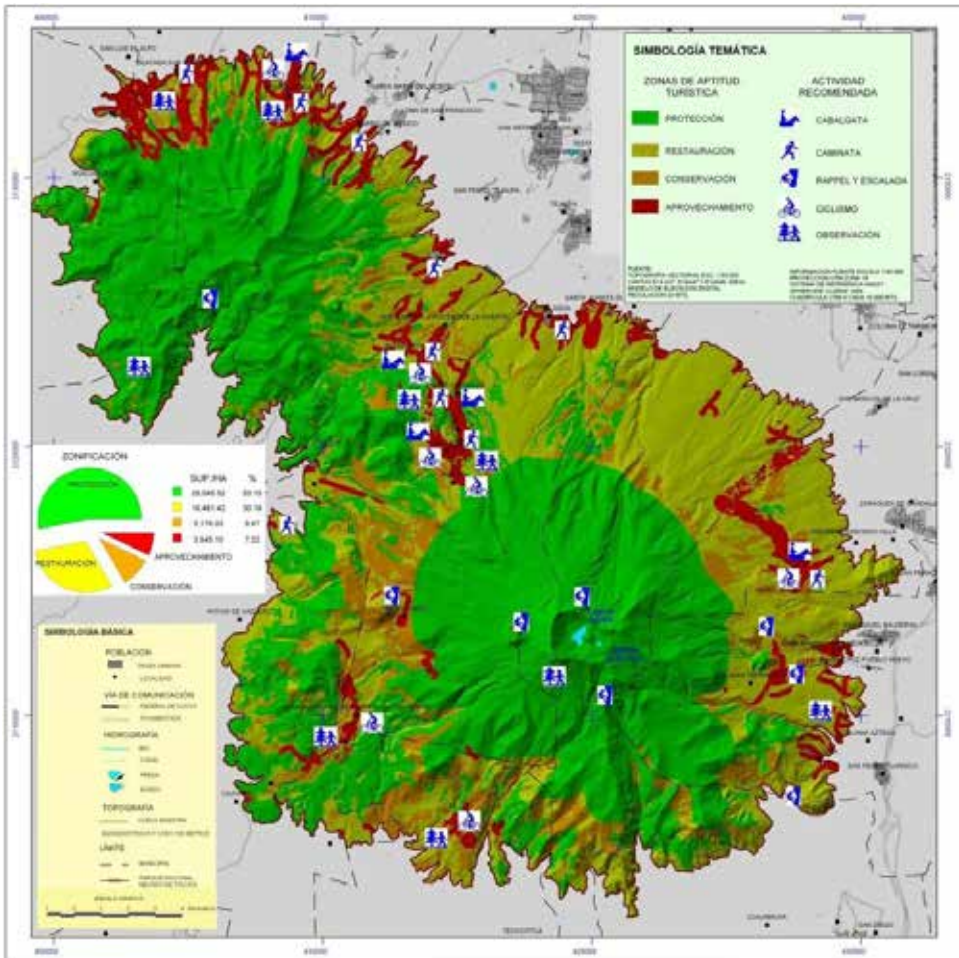
- **Ciclismo de montaña.** Las zonas identificadas como aptas para el desarrollo de actividades de ciclismo de montaña fueron altamente confiables dada su verificación en campo, ya que corresponden con la asignación de criterios. De ellos, el más importante fue la presencia de caminos, veredas y brechas (Figura 5).
- **Caminata, *trekking* o senderismo.** Como se mencionó, esta actividad no requiere de condicionantes físicas muy particulares; sin embargo, un atractivo principal es el contacto directo con la naturaleza —flora y fauna del lugar—, así como de los aspectos sociales y culturales de las localidades que a su interior se encuentran (Figura 5).
- **Cabalgata.** Esta actividad se enfoca a la práctica de turismo natural, cuya finalidad es el uso de caballos. Durante las visitas de campo fue posible apreciar la presencia de burros y mulas empleados para la carga y transporte tanto de víveres, madera y personas. Esto podría, en determinado momento, considerarse como medio de movilidad para el visitante, con fines de promoción de la belleza paisajística y cultural de las localidades. Cabe destacar que se estableció una altitud máxima de 3500 m s. n. m., con la finalidad de no exponer a los animales a presiones atmosféricas que podrían mermar su salud (Figura 5).
- **Observación.** En lo referente a actividades de observación, es posible particularizar el objetivo desde diferentes enfoques. Es ejemplo de ello el senderismo interpretativo, ya sea para apreciar la vegetación, fauna, aspectos culturales y tradiciones de los habitantes al interior del APFF, así como observación de tipo sideral tal como se menciona en el Programa de Conservación y Manejo del APFF (GEM, 2009, p 47): «El Nevado de Toluca es un compendio de la cosmovisión indígena del pasado. Integró la religión, la ciencia, la cultura y la forma de vida de antaño y «El Mirador», fue un centro intelectual y religioso, era un observatorio astronómico que regía el calendario agrícola, y cosas más que aún no alcanzamos a imaginar, pues ha sido alterado» (GEM, 2009) (Figura 5).

Finalmente, en el mapa de zonificación se representa una superficie de 54 648,07 ha, dividida en cuatro políticas ambientales con base en lo establecido en el *Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico*, publicado por la Semarnat (2006); aprovechamiento, restauración, conservación y protección (preservación), que consigna la siguiente propuesta generada por medio de la presente investigación:

- Política de protección. Derivado de que la propuesta de zonificación presente en el *Programa de Conservación y Manejo* (GEM, 1999), no propone zonas núcleo para su protección, se sugiere la aplicación de la política de protección a las áreas que anteriormente eran consideradas «cimas de montaña y lomeríos»; así como las áreas con cobertura forestal que, por medio de imágenes de satélite y visitas en campo, se observaron con un grado de conservación que debe tomarse en cuenta para su protección.
- Política de restauración. Es necesario realizar acciones con tendencia a la recuperación y restablecimiento de las condiciones naturales para propiciar la evolución y continuidad de los procesos naturales.
- Política de aprovechamiento Sustentable (Semarnat, 2006). «Se asigna a aquellas áreas, que por sus características son apropiadas para el uso y el manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente el ambiente. «Incluye las áreas con uso de suelo actual o potencial, siempre que estas no sean contrarias o incompatibles con la aptitud del territorio».
- Política de conservación. Dentro de esta propuesta de zonificación, se maneja una superficie destinada a la protección de 29 045,52 ha., esto es, el 53,15% de la superficie total del APFF. Le sigue la política de restauración con una superficie de 16 481,42 ha, que representa el 30,16%, e indica que casi una tercera parte requiere de atención prioritaria, ya que el recurso suelo, flora y fauna presentan degradación a un nivel que, de seguir así, las zonas de protección tenderán a sufrir presiones sobre sus recursos.

A esto le sigue la política de conservación, con una superficie de 5176,03 ha. Es decir, el 9,47% que mantiene las condiciones naturales y, hasta cierto punto, se mantiene en equilibrio ecológico; sin embargo, con respecto al total de la superficie del APFF, este porcentaje es pequeño para tratarse de un área natural protegida, en la que se implementan programas de recuperación ambiental (Figura 5).

Figura 5. Mapa de zonificación



5. CONCLUSIONES

El APFF es un sitio de interés turístico y símbolo natural representativo del estado de México, razón por la cual en los últimos años ha sido motivo de estudio y preocupación por investigadores como por ambientalistas que observan la riqueza florística y faunística que lo caracteriza. También es importante mencionar que, en el ámbito gubernamental, se han implementado medidas de protección, conservación y restauración, como lo son las campañas de reforestación realizadas por la iniciativa privada, por dependencias federales y estatales con el fin de restaurar el APFF.

A pesar de dichos esfuerzos, presenta de forma constante los efectos del deterioro ambiental, producto de la presión urbana, reflejada tanto en la explotación clandestina del bosque —tala hormiga e industrial—, cambio de uso de suelo, erosión, aprovechamiento irracional de manantiales, sobrepastoreo, asentamientos humanos, actividad comercial descontrolada, extracción de materiales pétreos empleados en la construcción, extracción de fauna —principalmente de aves— y, más aún, el impacto que causan los propios visitantes.

En lo referente a geoinformática, es importante resaltar que toda aplicación depende del método y no del *software*; si bien es cierto que existen infinidad de paquetes que se especializan ya sea en información *raster* o vector, también lo es el hecho de que no existe un *software* ideal en el que se pueda realizar un proceso de principio a fin, ni mucho menos representarlo gráficamente de tal forma que sea atractivo a la consulta. En este sentido, la investigación no únicamente se refirió a la aplicación, sino que fue necesario adaptarlo a un sistema como *Arcview*, cuya accesibilidad ha permitido la incursión de investigadores de diversas áreas.

Asimismo, queda de manifiesto que el APFF aún presenta condiciones que lo hacen factible de promover con fines de aprovechamiento sustentable; son ejemplo de ello la diversidad de ambientes, aunado a la accesibilidad, y prestación de servicios. Estos hacen del área de estudio un lugar atractivo para visitar, tanto por turistas locales, nacionales y extranjeros. De haber sido planeada la derrama económica, habría dejado beneficios a la localidad, al ejido y al pequeño comerciante; no obstante, en esas fechas fue posible apreciar que parte de las ganancias quedaron en manos de tiendas de autoservicio, particularmente las establecidas sobre la carretera Toluca-Valle de Bravo.

La aportación social se enfoca en promover que los beneficios sociales y económicos, resultado del aprovechamiento sustentable de sitios con potencial turístico, queden en manos de las localidades y habitantes oriundos de la zona. Se hace partícipes a las autoridades locales, estatales y federales, mediante la implementación de programas que buscan desarrollar proyectos sustentables para promover actividades de turismo de naturaleza, que permitan, por una parte, fortalecer la economía local de la zona y, a su vez, generar beneficios sociales que contrarresten la baja calidad de vida de los habitantes de las localidades aledañas. Para garantizar el éxito de estas propuestas, es indispensable jornadas de capacitación a través de talleres de manera que se promueva y ejerza la participación de la población propietaria del recurso y de las principales instituciones gubernamentales, así como de la sociedad civil.

En materia jurídica, es importante destacar la falta de instrumentos políticos que, además de promover la protección del APFF, facultan de funciones a dependencias capaces de ejecutar y hacer valer las restricciones. Estas deben, tanto a nivel político como administrativo, aplicarse a favor de la protección, conservación y restauración,

de modo que se considere la variable social, al hacerse énfasis en las localidades que existían previamente al decreto del Parque Nacional.

Cabe señalar que, mientras el bosque, la fauna, el agua y demás riquezas del Nevado no resulten remunerables a la economía de quienes ahí viven, no será de su interés promover su conservación, por el contrario, seguirán usando los recursos de manera clandestina, para dejar suelos pobres que no son aptos para la agricultura; ríos y manantiales donde ya casi no fluye agua; fauna nociva introducida; e, incluso, peor, seguir viviendo en condiciones extremas de pobreza y marginalidad.

En definitiva, se pueden realizar una infinidad de sugerencias tendientes a promover la actividad turística dentro del APFF, estas se ven gravemente limitadas por un factor social, que, para esta investigación, se manifestó como la seguridad pública como principal requerimiento en todas las actividades. Actualmente, al Nevado de Toluca acude un gran número de personas a realizar ejercicio, principalmente a correr. Estas manifiestan que existen zonas inseguras, las cuales, a través del tiempo, han llegado a ser no aptas para su uso, lo cual es un claro indicio de que la delincuencia será sin duda un factor limitante y un gran reto a vencer por parte de las instancias responsables. Se concluye que de la presente investigación se obtuvo que el APFF aún cuente con el potencial ambiental para aplicar los planes y programas que en materia ambiental permitan fortalecer los fines para los que fue creado.

La aplicación de un modelo de evaluación multicriterio fue una herramienta de utilidad para determinar las áreas idóneas para actividades del turismo de naturaleza a partir de la integración de las características físicas y sociales. Asimismo, la propuesta de utilizar el método multicriterio multiobjetivo es innovadora al aplicarla al turismo como parte de un sistema complejo en peligro de desaparecer. El uso del análisis multiobjetivo tiene las ventajas de complementarse con la técnica Saaty para asignar pesos y reglas de decisión.

REFERENCIAS

- Aceves, Q. J. F. (2007). *Mapas de Riesgo Volcánico basados en sistemas de Información Geográfica: Volcán Nevado de Toluca* (tesis de doctorado en Ciencias de la Tierra (Geología). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arcía R., M. (1994). *Geografía del Medio Ambiente. Una alternativa del ordenamiento ecológico*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Barredo, J.I. (1996): *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio*. Edit. Rama. Madrid..
- Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) (2013), *Borrador del Programa de Manejo del APFF Nevado de Toluca*, para consulta pública en cumplimiento a lo previsto por

- los artículos 65 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y 73 de su reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (1936), 25 de febrero de 1936. *Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca*. Departamento Forestal de Caza y Pesca.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2008). 05 de julio de 2008. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- De Cos, O. (2007). SIG y evaluación multicriterio: propuesta metodológica para cuantificar el grado de metropolización en el territorio. *Mapping*, 116, 6-12.
- Eastman, J. R. (1999), *IDRISI 32: Guide to GIS and image processing*. Worcester, MA: Clark Labs. Clark University.
- Eastman, J. R. (2006), *IDRISI Andes. Guía para SIG y procesamiento de imágenes*. Worcester, MA: Clark Labs. Clark University.
- Espinosa, L. M. (2001). *Geomorfología del noreste del Nevado de Toluca, México* (tesis de maestro en Geografía). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. México.
- Espinosa, L. M. (2003). Elementos geomorfológico-cuantitativos del piedemonte nororiental del volcán Nevado de Toluca. *Ciencia Ergo Sum*, 10(2), 187-195. Recuperado de <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7488>
- Estrada, C. y De La Cruz, M. (2008). *Análisis de las condiciones ambientales para el aprovechamiento ecoturístico en la Hacienda Tejalpa* (tesis). Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Geografía.
- Franco, S., Regil, H. H., González, C. y Nava, G. (2006). Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. *Investigaciones Geográficas*, (61), 38-57.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, España: Gedisa.
- García-Palomo, A., Macías, J.L., Arce, J.L., Capra, L., Garduño, V.H., Espíndola, J.M. (2002), *Geology of Nevado de Toluca Volcano and surrounding areas, Central Mexico*: Geological Society of America, Map and Chart Series, MCH089.
- Gobierno del Estado de México (GEM) (1999). *Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca*. Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna y Biocenosis, A.C.
- Gobierno del Estado de México (GEM) - Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. (2009). Inédito. *Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca*. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.
- GSTC-RTI-TEA. (2015). World Summit on Sustainable Tourism +20. Carta Mundial de Turismo Sostenible. Vitoria-Gasteiz, España: Global Sustainable Tourism Council-Responsible Tourism Institute-Turismoaren Euskal Agentzia. Recuperado de <http://>

- cartamundialdeturismosostenible2015.com/wp-content/uploads/2016/05/Carta-Mundial-de-Turismo-Sostenible-20.pdf
- Johnson and Harrison, 1990 en García-Palomo, A., Capra, L. Garduño, V. y Espíndola, J. (2002). *Geology of Nevado de Toluca Volcano and surrounding areas, central Mexico*. Geological Society of America Map and Chart Series MCH089, pp. 1-26. Recuperado de <http://www.geo.mtu.edu/EHaz/ConvergentPlatesClass/Nevado%20de%20Toluca/Garcia-Palomo-et-al-2002.pdf>
- Lugo, J. (1988). *Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos)*. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México, UNAM. México.
- Luque, G. A. (2003). La evaluación del medio para la práctica de actividades turístico-deportivas en la naturaleza. *Cuadernos de Turismo*. 12, 131-149.
- Martínez, V. (2017). El turismo de naturaleza: un producto turístico sostenible. *Arbor*, 193(785), a396. <https://doi.org/10.3989/arbor.2017.785n3002>
- Naciones Unidas (UN) (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización Mundial del Turismo (OMT). (2002). *El mercado español del Ecoturismo. Informe especial, No. 14*. Madrid: OMT. Recuperado de <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284405015>
- Organización Mundial del Turismo (OMT). (2019). *Definiciones de turismo de la OMT*. Madrid: OMT. <https://doi.org/10.18111/9789284420858>
- Organización Mundial del Turismo (OMT). (s.f.). *Desarrollo sostenible*. Recuperado de <https://www.unwto.org/es/desarrollo-sostenible>
- Osorio, M. y Franco, S. (2008). Diagnóstico del sistema turístico de un área natural protegida: el Parque Nacional Nevado de Toluca. En *Memorias de Congreso de Investigación Turística, X Nacional y VI Internacional de SECTUR y 2ª de la AMIT*. Toluca, Estado de México.
- Osorio, M., Franco, S., Ramírez, I., Nava, G., Espinoza de los Monteros, G. y Regil, H. (2011). El visitante del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. Análisis del comportamiento en un área natural protegida. *Investigaciones Geográficas*, 76, 56-70.
- Palmas, D., Serrano-Barquín, R. Gutiérrez, G. Cruz, G. y Favila, H. (2014). Modelo teórico-metodológico para el estudio del turismo armónico y el desarrollo local. En *Investigaciones Turísticas*. No. 7 Enero-junio, pp. 23-46. Recuperado de <http://www.investigacionesturisticas.es/iuit/article/view/121>
- Palmas Castrejón, D., Serrano-Barquín, R. y Gutiérrez Cedillo, J. (2017). Metodología del turismo armónico. Una propuesta de valoración de conocimiento para San Pedro Tultepec de Quiroga, Estado de México. En *Nova Scientia, Revista de Investigación de la Universidad De La Salle Bajío*, 9(19), 717-750. Recuperado de <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.1073>

- Pasquaré, G. Vezzoli, Ly Zanchi, A. (1987). Morphological and structural model of Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Ingernacional Revista de la Unión Geofísica Mexicana*. Vol. 26, no. 2, pp. 159-175. Disponible en: MORPHOLOGICAL AND STRUCTURAL MODEL OF MEXICAN VOLCANIC BELT | PASQUARE | Geofísica Internacional
- Protectora e Industrializadora de Bosques (Protinbos) (s.f.). *Programa para el Desarrollo Múltiple del Parque Nacional Nevado de Toluca*. Gobierno del Estado de México.
- Rivera, P. (2006). El papel de la geografía en el estudio de la relación sociedad-naturaleza. *Revista Luna Azul*, (23), 23-27. Recuperado de http://190.15.17.25/lunazul/downloads/Lunazul23_5.pdf
- Rzedowski, J. (1978). *La vegetación de México*. México D.F.: Limusa.
- Saaty, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
- Santos, M. (1997). Nuevas concepciones de la Geografía. *Revisrta Geo Uruguay*. No. 1, pp. 119-123.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2006. *Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Planeación Territorial*. México, D.F.: Semarnat.
- Secretaría de Fomento Turístico del Estado de Yucatán (SEFOTUR) (2018). *Turismo de naturaleza*. Recuperado de <http://www.sefotur.yucatan.gob.mx/secciones/ver/turismo-de-naturaleza>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2016). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. México: Semarnat. Recuperado de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/104_libro_pm.pdf
- Secretaría de Turismo (Sectur). (2004). *Turismo alternativo. Una nueva forma de hacer turismo*. Fascículo 1. México: Sectur.
- Serrano-Barquín, R. (2008). Hacia un modelo teórico metodológico para el análisis del desarrollo, la sustentabilidad y el turismo. *Economía, Sociedad y Territorio*, VIII(enero-abril), 313-355. Recuperado de <http://est.cmq.edu.mx/index.php/est/article/view/209>
- Serrano-Barquín, R., Serrano-Barquín, C., Panosso-Netto, A., Castillo-Néchar, M. y González-Guerrero, G. (2012). Reflections on tourism, development and sustainability. *Tourismos: An International Multidisciplinary Journal of Tourism*, 7(2), 343-358. Recuperado de http://www.chios.aegean.gr/tourism/VOLUME_7_No2_art17.pdf