

# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO FORESTAL**

**APTITUD DE ÁREAS CON FINES ECOTURÍSTICOS EN  
LA SIERRA NEVADA DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**MARCELINO AURELIO PÉREZ VIVAR**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2012**

La presente tesis titulada: **APTITUD DE ÁREAS CON FINES ECOTURÍSTICOS EN LA SIERRA NEVADA DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO** realizada por el M.C. **MARCELINO AURELIO PÉREZ VIVAR**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

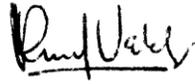
**DOCTOR EN CIENCIAS FORESTALES**

**CONSEJO PARTICULAR**

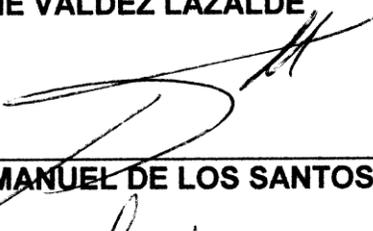
CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
**DR. MANUEL DE JESÚS GONZÁLEZ GUILLÉN**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ RENÉ VALDEZ LAZALDE**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. HÉCTOR MANUEL DE LOS SANTOS POSADAS**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. GREGORIO ÁNGELES PÉREZ**

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
**DR. FERNANDO PAZ PELLAT**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2012.

## **APTITUD DE ÁREAS CON FINES ECOTURÍSTICOS EN LA SIERRA NEVADA DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

Marcelino Aurelio Pérez Vivar, DR.  
Colegio de Postgraduados, 2012.

El presente trabajo aborda como tema principal la determinación de la aptitud ecoturística en áreas forestales; el objetivo principal fue generar un sistema de cómputo que a partir de información cartográfica (temática) así como social (criterios, variables, valores de importancia) fuera capaz de realizar un análisis del grado de compatibilidad (aptitud) entre las condiciones presentes en un espacio y las necesarias para la práctica de una actividad ecoturística. Para alcanzar tal meta fue necesario revisar conceptos que permitieran entender el ecoturismo como fenómeno social, así como su relación con el ambiente y comprender la necesidad de una cuidadosa planificación en la implementación de un proyecto ecoturístico en un espacio específico. Estos conceptos fueron el punto de partida para el análisis de metodologías y herramientas usadas en la determinación de la aptitud ecoturística. Basado en ese análisis, se diseñó y creó un sistema de cómputo que permite la automatización del proceso de determinación de la aptitud mediante la generación de mapas de aptitud para una actividad ecoturística específica. Además, el estudio incluyó la validación del sistema mediante su aplicación en la determinación de la aptitud ecoturística en la Sierra Nevada de Texcoco, concluyendo que es una herramienta confiable y de gran valor como instrumento de apoyo al proceso de toma de decisiones en el uso y planificación de espacios naturales.

Palabras clave: Turismo, ecoturismo, aptitud, software.

## **AREAS SUITABLE FOR ECOTOURIST PURPOSES IN THE SIERRA NEVADA OF TEXCOCO, STATE OF MÉXICO**

Marcelino Aurelio Pérez Vivar, DR.  
Colegio de Postgraduados, 2012.

The main subject of the study was to determining ecotouristic suitability in forest areas. The main objective was to create a computer system, which –starting from cartographic as well as social information (criteria, variables, values of importance)– would be able to conduct an analysis of compatibility (suitability) between present conditions within a space and the needs of practicing ecotouristic activities. In order to reach such goal, it was necessary to review concepts to understand the ecotourism concept as a social phenomenon, its relation with the environment and also to understand the necessity of careful planning when implementing an ecotouristic project in a specific space. These concepts were the starting point for the analysis of methodologies and tools to determine ecotouristic aptitude. Based on this analysis, a computer system was designed to automate the determination process, generating suitability maps for a specific ecotouristic activity. Furthermore, the study included the validation of the system throughout a case of study to determine ecotourism suitability in the Sierra Nevada of Texcoco. It was concluded that the computer system is a reliable tool and a valuable tool for supporting the decision making process when planning for natural areas.

Keywords. Tourism, ecotourism, suitability, software.

## DEDICATORIA

### ***A mis padres: Rosa Vivar Méndez y Marcelino Pérez Chávez***

*Por la vida y el amor que me han dado, así como por su ejemplo de trabajo y esfuerzo.*

### ***A mi esposa: Ma. Lourdes Martínez Rangel***

*Por el gran amor, amistad y ayuda que me ha brindado, por su paciencia a mis ratos de turbulencia y porque me ha enseñado lo maravillosa que es la vida.*

### ***A mi hijo: Mar Nahum Pérez Martínez***

*Por la felicidad adicional que ha dado a mi vida, porque me ha dado la oportunidad de sentir y comprender el cariño de un padre y por la ilusión que día a día da a mi vida.*

### ***A todos mis amigos y compañeros***

*Que no cabrían en tan pocas hojas y que me han brindado su amistad y apoyo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que con su apoyo económico permitió que esta meta se realizara.

Al Colegio de Postgraduados, una gran institución, que me ha enseñado a caminar con firmeza y me ha brindado la oportunidad de alcanzar el anhelo invaluable al que todo ser aspira, que es la superación.

Al Postgrado Forestal y su grupo de académicos, por contribuir en mi formación y por todo el apoyo brindado.

### **A MI CONSEJO PARTICULAR:**

Dr. Manuel de Jesús González Guillén, consejero y amigo; gracias por la invaluable dedicación, trabajo, tenacidad, apoyo y confianza brindada, que hicieron posible el logro de esta gran meta.

Al Dr. José René Valdez Lazalde, Dr. Héctor Manuel De Los Santos Posadas, Dr. Gregorio Ángeles Pérez y Dr. Fernando Paz Pellat, amigos todos ellos, quienes con su incansable trabajo, gran dedicación y extensos conocimientos hicieron posible la culminación del presente trabajo.

Al personal administrativo del Postgrado Forestal: Maru, Bety, Lupita, Mayra, Sra. Mary, Marcos, que con su trabajo, atención y cordialidad nos guían, orientan y apoyan en nuestro paso por esta noble institución.

Al personal del laboratorio de cómputo del ISEI, por su apoyo y amistad.

En general, a todos los profesores que hacen posible nuestra formación y en especial a aquellos que dedican parte de su vida a engrandecer a esta gran institución, el Colegio de Postgraduados.

A los profesores de la UAEM (Plantel Texcoco), UVM, Planteles del Sistema de Bachillerato Tecnológico en el Municipio de Texcoco, Colegio Marie Curie; Integrantes de grupos de Niños exploradores; Integrantes de asociaciones de caminata que aportaron información valiosa para una parte de este trabajo.

En fin, para todas aquellas personas que me ayudaron a concluir este trabajo.

## CONTENIDO

	Página
CAPÍTULO I.....	3
MARCO DE REFERENCIA .....	3
1.1 INTRODUCCIÓN .....	3
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.3. REVISIÓN DE CONCEPTOS .....	6
1.4. ÁREA DE ESTUDIO PARA DETERMINAR LA APTITUD ECOTURÍSTICA.....	32
1.5. LITERATURA CITADA.....	34
CAPÍTULO II.....	41
MÉTODOS PARA DETERMINAR LA APTITUD ECOTURÍSTICA DE ÁREAS FORESTALES.....	41
2.1 RESUMEN .....	41
2.2 ABSTRACT.....	42
2.3 INTRODUCCIÓN .....	42
2.4 DESARROLLO .....	44
2.4.1 Determinación de la aptitud ecoturística: <i>Métodos cualitativos</i> .....	49
2.4.2 Determinación de la aptitud ecoturística: <i>Métodos cuantitativos</i> .....	50
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	56
2.6 CONCLUSIONES .....	59
2.7 LITERATURA CITADA.....	60
CAPÍTULO III.....	65
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CÓMPUTO PARA DETERMINAR APTITUD ECOTURÍSTICA DE ÁREAS FORESTALES .....	65
3.1 RESUMEN .....	65
3.2 ABSTRACT.....	65
3.3 INTRODUCCIÓN .....	66
3.4 METODOLOGÍA .....	69
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	71
3.5.1 Resultados .....	71

3.5.2 Discusión.....	79
3.6 CONCLUSIONES .....	82
3.7 LITERATURA CITADA.....	82
CAPÍTULO IV .....	85
APTITUD ECOTURÍSTICA EN LA SIERRA NEVADA DE TEXCOCO.....	85
4.1 RESUMEN .....	85
4.2 ABSTRACT .....	85
4.3 INTRODUCCIÓN .....	86
4.4 METODOLOGÍA .....	89
4.4.1 Área de estudio .....	89
4.4.2 Base de datos cartográfica .....	90
4.4.3 Proceso .....	91
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	97
4.6 CONCLUSIONES .....	106
4.7 LITERATURA CITADA.....	107
CAPÍTULO V .....	110
CONCLUSIONES E IMPLICACIONES .....	110
5.1. CONCLUSIONES .....	110
5.2. IMPLICACIONES.....	114
5.2.1 Fortalezas y debilidades.....	114
5.3 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN .....	117
CAPÍTULO VI .....	121
ANEXOS.....	121

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
2.1	Métodos para determinar la aptitud de tierras con fines ecoturísticos.....	45
3.1	Escala Fundamental del Proceso Analítico Jerarquizado (Saaty, 1980).....	73
3.2	Estructura de la matriz de comparaciones pareadas para la obtención de valores de estandarización.....	73
3.3	Índice aleatorio (IA) para matrices de orden 1 hasta 15. Oak Ridge National Laboratory (Saaty, 1980).....	74
4.1	Condiciones necesarias para la práctica de actividades ecoturísticas.....	98
4.2	Matrices de comparación para estandarización de variables.....	99
4.3	Matrices de comparación para ponderación de subcriterios (variables).....	100
4.4	Matriz de comparación para ponderación de criterios.....	100
4.5	Cuantificación de superficie por nivel de aptitud para cada actividad ecoturística.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.1	Área de estudio, Sierra Nevada de Texcoco.....	32
3.1	Fases que integran la creación del sistema.....	69
3.2	Modelo conceptual para la determinación de aptitud para fines ecoturísticos.....	72
3.3	Diseño de la aplicación para la determinación de aptitud ecoturística.....	75
3.4	Ventanas principales del Sistema de Cómputo para la determinación de aptitud.....	77
3.5	Fases del proceso de simulación.....	80
4.1	Área de estudio.....	90
4.2	Ventanas del sistema para la incorporación criterios, intervalos y valores de importancia.....	101
4.3	Mapa de aptitud para la actividad de campismo.....	102
4.4	Mapa de aptitud para la actividad de caminata.....	103
4.5	Mapa de aptitud para la actividad de día de campo.....	103

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Encuesta para caracterizar las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de actividades ecoturísticas en la Sierra Nevada de Texcoco.....	121
2	Ejemplo didáctico para la determinación de la aptitud.....	127

## **ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

El documento está estructurado en cinco capítulos:

Capítulo 1: La finalidad de este capítulo es presentar un marco conceptual para ubicar el contexto de los recursos naturales y su relación con la sociedad, centrándose en la forma en que el hombre utiliza a la naturaleza para satisfacer sus necesidades de recreación; esto con la finalidad de propiciar una mejor comprensión del fenómeno de estudio. Los aspectos de relevancia relacionados al tema corresponden a recursos naturales y forestales, recreación, turismo sustentable, turismo, ecoturismo. Otra parte corresponde a aspectos relacionados con la aptitud del suelo y herramientas utilizadas en su evaluación.

Capítulo 2: El propósito de este capítulo fue realizar una revisión y análisis de las distintas metodologías que se han empleado en la determinación de la aptitud de áreas forestales para usos de suelo con fines ecoturísticos. La información resultante sirvió de base para abordar, en el capítulo siguiente, la generación de un sistema de cómputo.

Capítulo 3: En este capítulo se planteó un modelo conceptual para la evaluación de la aptitud del suelo para uso ecoturístico a través de la combinación de herramientas de evaluación multicriterio (EMC) y sistemas de información geográfica (SIG). El modelo fue codificado, mediante lenguaje de programación Visual Basic<sup>®</sup>, en módulos ejecutables para la generación de un sistema (software) que permitiera la automatización del proceso.

Capítulo 4: Este capítulo trata sobre la aplicación del sistema de cómputo a un estudio de caso con la finalidad de verificar su desempeño. La implementación del sistema permitió determinar la aptitud de áreas forestales de la Sierra Nevada de Texcoco para el desarrollo de las actividades ecoturísticas de campismo, caminata y día de campo.

Capítulo 5: En este capítulo se presentan comentarios generales sobre el desarrollo del trabajo así como sus fortalezas, limitaciones y áreas de investigación de interés en torno al problema de estudio.

# CAPÍTULO I

## MARCO DE REFERENCIA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Es indiscutible la importancia que tienen los recursos naturales para la existencia del ser humano y para el desarrollo de la sociedad gracias a los numerosos bienes y servicios que generan para la satisfacción de las necesidades humanas (De Groot *et al.*, 2002). Desde esta perspectiva, los ecosistemas desarrollan alrededor de 30 funciones (Gómez y De Groot, 2007); entre ellas se puede encontrar las que proveen de escenarios al interés de las personas para la apreciación de paisajes y áreas naturales, así como el espacio para el descanso, la relajación, el renuevo de energías y la recreación (De Groot *et al.*, 2002). El desarrollo de dichas actividades es una condición necesaria para la salud física y mental del individuo y para el buen desarrollo de la sociedad (Lahuerta *et al.*, 2004).

El turismo, como una forma particular de recreación, se ha constituido en una actividad fundamental tendiente a satisfacer la búsqueda de espacios y actividades para la dispersión al aire libre (Taylor, 1999). En efecto, actualmente el turismo es una de las actividades importantes de la economía mundial al representar inversiones por montos que alcanzan los \$3.5 billones de dólares y en la que se emplean aproximadamente 212 millones de personas (Ceballos, 1998). Sin embargo, esta industria se ha masificado al grado de generar impactos negativos sobre los ecosistemas, dando como resultado que diversos grupos de ambientalistas han comenzado a denunciar al turismo

como una industria que consume recursos, modifica ecosistemas y amenaza la flora y la fauna de los lugares donde se desarrolla (Zhenjia, 2008).

Ante la situación anterior, surge la necesidad de buscar un turismo bajo la filosofía de desarrollo sustentable que ponga énfasis en la conservación de los recursos naturales como la base de todo desarrollo (Rivas, 2009). En este proceso de búsqueda, surge el ecoturismo como una alternativa que intenta explorar los valores naturales en una forma sustentable para un beneficio social. El ecoturismo se distingue por realizar actividades recreativas en contacto con la naturaleza y las expresiones culturales que le envuelven con una actitud y compromiso de conocer, respetar, disfrutar y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales (Pérez, 2003).

El ecoturismo descansa sobre la base de los recursos naturales, por lo que es esencial realizar un manejo adecuado para lograr la sustentabilidad del sistema de recursos así como para establecer límites para su uso (Lindberg y Hawkins, 1998). Una adecuada planificación de los espacios naturales debe basarse, entre otras cosas, en el conocimiento de las cualidades de los espacios para sostener una actividad de interés (Santé y Crecente, 2005). Por lo anterior, surge la motivación de la presente investigación sobre la determinación de la aptitud de los espacios para estos fines. Al tratar con información de carácter espacial, esta investigación requiere del apoyo de los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta tanto de manipulación de datos y presentación de resultados a través de mapas, como de herramientas de análisis geográfico (Bosque y García, 2000). A su vez, los problemas de tipo espacial han motivado la combinación de SIG con herramientas de evaluación multicriterio (EMC)

con la finalidad de dar mayor certidumbre a los resultados (Malczewski, 1999). El propósito fundamental del presente trabajo es la creación de un sistema de cómputo que combine las herramientas EMC y SIG para determinar la aptitud de áreas forestales para fines ecoturísticos en la Sierra Nevada de Texcoco.

## **1.2 OBJETIVOS**

### General

Diseñar, crear, implementar y validar un sistema de cómputo que permita determinar la aptitud ecoturística de los terrenos forestales de la Sierra Nevada de Texcoco, Estado de México.

### Específicos

- a) Constituir una base de conceptos que permita el entendimiento del ecoturismo como un fenómeno social;
- b) Diseñar y crear un modelo conceptual para determinar la aptitud ecoturística de terrenos forestales;
- c) Diseñar, crear e implementar un sistema de cómputo que proporcione la automatización del proceso;
- d) Aplicar el sistema de cómputo para determinar la aptitud ecoturística en la Sierra Nevada de Texcoco con la finalidad de probar su lógica de funcionamiento.

### **1.3. REVISIÓN DE CONCEPTOS**

#### **Degradación del medio ambiente**

Todo sistema económico reposa sobre los cimientos de la naturaleza, los ecosistemas son la fuente de todos los materiales y la energía procesados a lo largo del sistema productivo hasta su transformación en bienes o servicios de consumo. Pero también los ecosistemas son el sumidero al que van a parar todos los residuos derivados del metabolismo socioeconómico, tanto en sus fases productivas como consuntivas (Gómez y De Groot, 2007).

Aunque la extracción intensiva, aprovechamiento y transformación de los recursos naturales ha contribuido al nivel de desarrollo de la sociedad moderna, las implicaciones derivadas y el panorama actual que presentan los recursos naturales y el ambiente, muestran no sólo escasez de éstos, sino efectos traducidos en pérdida de bosques, desertificación, falta de agua, tierras improductivas, deterioro de cuencas, abuso de plaguicidas, destrucción de ecosistemas, degradación de tierras, sequías, contaminación ambiental, erosión, destrucción de recursos costeros, destrucción de la vida silvestre, entre otros efectos (Reiche, 1988).

Los países desarrollados satisfacen su creciente demanda de consumo de recursos a la vez que sus territorios son utilizados con menor intensidad gracias al hecho de que el sistema actual de comercio libre internacional les permite obtener bienes y servicios de los ecosistemas de todo el mundo a través de los mercados globalizados (Naredo, 2005).

En los países subdesarrollados, los cuales deben cumplir con la función de exportadores de materias primas, las políticas relacionadas al uso de los recursos naturales han conducido a una sobre utilización de los mismos con sus impactos negativos al ambiente, poniendo en peligro la sostenibilidad, el desarrollo regional y otros objetivos socio-económicos (Flores, 1988).

Durante el siglo XX, se han perdido alrededor de 50% de los humedales del mundo; en ecosistemas acuáticos, en 1997 se capturaron 7.7 millones de toneladas métricas de pescado, nivel que supera el rendimiento máximo sostenible; la acuicultura de agua dulce aportó 17 millones de toneladas métricas representando el 60% de toda la producción acuícola mundial. Por lo menos, 1,500 millones de personas dependen de aguas subterráneas para beber y muchas de ellas se encuentran en niveles severos de sobreexplotación. Respecto a ecosistemas forestales, cerca de 25% de la superficie terrestre está cubierta de bosques, es probable que en los trópicos la deforestación supere los 130,000 km<sup>2</sup> al año; solo menos del 40% de los bosques se encuentran relativamente libres de perturbaciones por la actividad humana pero estarán bajo la amenaza de conversión para otros usos (tala de árboles, construcción de vías, actividades agrícolas, etc.) y el problema se agrava para muchos de los países cuya fuente principal de divisas es la madera.

Es evidente que ante el uso indiscriminado de los recursos naturales, la única forma viable a un plazo razonable para revertir este proceso es la educación, más aún la de carácter regional; es decir, la percepción que tiene el individuo acerca del ambiente, por lo que es necesario educar masivamente en la idea de que el ambiente y los recursos

naturales pertenecen a cada individuo y, si bien, tienen derecho a usufructuarlos, están socialmente obligados a conservarlos ya sea individual o colectivamente. Ejemplo de ello es África, donde la causa más importante que influye en la desertificación es “la naturaleza humana y su comportamiento” (Martínez, 1992). En este sentido, el mejoramiento del medio ambiente dependerá en gran parte del sistema institucional de cada país, del grado de conciencia que la población adquiera y de factores de política económica, de grupos de interés y grupos de poder, de niveles de educación de la población, del grado de desarrollo institucional de los países y de la distribución de ingresos dentro de estos países, entre otros (Beltrán *et al.*, 2002).

Los nuevos modelos de desarrollo sostenible deben de incluir el manejo de los recursos naturales y la protección al ambiente de manera sostenible como un objetivo macroeconómico. No debe haber diferencia entre las metas de la política de desarrollo y las de una protección adecuada del medio ambiente, ambos deben concebirse con la mira de mejorar el bienestar humano (Pearce, 1988).

### **Recursos forestales**

Los bosques son una fuente directa de madera, leña y otros productos forestales pero tiene otras funciones de vital importancia, entre las que destacan el evitar la erosión, promover la infiltración del agua, absorber el dióxido de carbono, conservar la biodiversidad, regular el clima y además servir como espacio para la recreación y campo para la observación científica (Farb, 2003).

Algunos de los problemas que enfrentan los bosques son la deforestación causada por la ganadería, la agricultura, el manejo inadecuado, tala clandestina así como por efectos naturales tales como incendios y plagas. En México, las condiciones para el desarrollo forestal no han sido propicias. La carencia de una cultura forestal, ha dado como resultado el mal aprovechamiento de los recursos forestales; al mismo tiempo, las escasas opciones productivas para la población rural, ocasionadas a su vez por la falta de capital, capacitación y tecnología fomentan la destrucción de los mismos (Rodríguez, 2000).

El manejo sostenible de los bosques es vital para mantener todas las funciones ecológicas, sociales y económicas de los recursos forestales. Para promover el desarrollo de las zonas boscosas es preciso demostrar y visualizar que el manejo sostenible de los bosques se puede convertir en un vector importante de cambio social, político y ambiental. En este contexto, la formulación y aplicación de programas forestales nacionales o estatales constituyen un elemento esencial de la gestión sostenible de la estrategia forestal (Martín, 2000).

El manejo de los recursos por parte de las comunidades rurales definirá en buena medida la conservación de los ecosistemas forestales en México. Debido a esto, las estrategias de manejo de recursos naturales en países con características similares a las descritas deben reorientar sus objetivos y dar mayor prioridad a zonas bajo algún tipo de manejo (Pimentel *et al.*, 1992). Las comunidades indígenas y campesinas pueden operar como aliadas de la protección biológica y ser fundamentales para preservar los ecosistemas y la diversidad genética *in situ* (Morera, 2000).

## **Desarrollo sustentable**

La preocupación de diferentes sectores sociales ante la crisis ambiental por la que atraviesa la humanidad, actualmente se encamina hacia la búsqueda de nuevas alternativas que favorezcan la protección, conservación y uso adecuado de los recursos naturales, en especial en regiones bajo fuertes presiones ambientales, sociales y económicas. Este es el caso de los países inter-tropicales con alta diversidad biológica y mayoritariamente subdesarrollados, como México, que alberga el 10% de la biodiversidad mundial y en donde un 80% de su recurso forestal se encuentra bajo el usufructo de comunidades indígenas y ejidos campesinos (Thoms y Betters, 1998). Bajo esta perspectiva, el desarrollo económico y la ecología no se contraponen necesariamente; es posible lograr una integración armoniosa entre ambos, con base en lo que se ha denominado “desarrollo sustentable”, entendiéndolo como “aquél que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, siendo sus pilares fundamentales los aspectos económico, medioambiental y el social (Hernández, 2007). Este concepto reconoce la necesidad de auspiciar el avance económico de los países menos desarrollados, aprovechando los progresos tecnológicos de las naciones industrializadas, siempre y cuando no se rebasen ciertos umbrales de calidad ambiental. La sustentabilidad es una necesidad intrínseca para el desarrollo de los países pobres, ya que es imposible que puedan salir de tal condición si se continua con el deterioro de sus recursos: Agua, suelo y bosques (Martín, 2000).

El nuevo paradigma del desarrollo sustentable pone de relieve que, para que exista el desarrollo son necesarios más que la simple acumulación de bienes y servicios,

cambios cualitativos en la calidad de vida y en la felicidad de las personas. Aspectos más allá de las dimensiones mercantiles del mercado, incluyen dimensiones sociales, culturales, éticas y de satisfacción de necesidades materiales y espirituales. Los principales factores que conducen al desarrollo sustentable son: El crecimiento económico, medido en términos monetarios; la equidad, medida en parámetros sociales y la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales, medida con parámetros físico-bióticos (Pérez, 2005).

### **Recreación**

El término recreación proviene del latín *recreatio* que significa restaurar y refrescar (la persona). La recreación forma parte de las necesidades del hombre; Maslow (1943) la coloca en un tercer orden de importancia dentro de una jerarquía de cinco niveles donde engloba a todas las necesidades y que es conocida como pirámide de Maslow; esta jerarquía establece que las necesidades de un orden superior buscan ser satisfechas sólo cuando se han satisfecho las necesidades del orden inmediato inferior de la pirámide; de esta manera, la recreación busca ser resuelta una vez satisfechas las necesidades de subsistencia como son: comer, dormir, vivienda, empleo, vestir, etc. Esta idea es reforzada por Boullón (1990) quien plantea que en el momento en que el hombre concreta su existencia inicia una forma activa del uso de su tiempo libre dentro del cual se abre el espacio para la búsqueda de actividades propias de la recreación y junto con ellas las del turismo.

De ahí que la recreación se considere una parte esencial para mantener una buena salud; el recrearse permite al cuerpo y a la mente una “restauración” o renovación

necesaria para tener una vida más prolongada y de mejor calidad. Si se realizan las actividades cotidianas sin parar y sin lugar para la recreación, tanto el cuerpo como la mente llegarían a un colapso que conllevaría a una serie de enfermedades y finalmente a la muerte (Pérez, 1997). Es por ello que las personas han buscado maneras de escapar de las presiones del diario vivir y darse espacios en los que puedan descansar y disfrutar.

Debido a lo anterior, la recreación se considera socialmente un factor trascendental. Los beneficios de recrearse no significan únicamente una buena salud física y mental, sino un equilibrio de éstas con factores espirituales, emocionales y sociales. Una persona integralmente saludable realiza sus actividades con mucha más eficiencia que una persona enferma (Boullón, 1990). Además, las prácticas recreativas son entendidas como complementarias a los procesos de desarrollo intelectual, aprendizaje, desarrollo cultural y como una herramienta para romper con los círculos de pobreza, dependencia, inactividad, violencia y con los sentimientos de marginación y exclusión, los cuales a su vez se encuentran asociados a la pérdida de la autoestima (Morán, 2004).

Los beneficios sociales, psicológicos y económicos de las actividades de recreación al aire libre son muy importantes, especialmente en países en desarrollo donde la mayoría de las persona encaran un creciente estrés económico y ambiental (Yilmaz *et al.*, 2009). Es importante saber que la recreación es voluntaria ya que cada persona es diferente y por ende se recrea como considere necesario. Por eso también se dice que las actividades recreativas son tan numerosas como los intereses de los seres

humanos. Algunas de las áreas de la recreación son: El arte, la cultura, la música, el baile, la lectura, el servicio a la comunidad, los deportes, los juegos y la vida al aire libre, entre otras (Ziperovich, 2004).

La recreación al aire libre es la de interés primordial para el presente documento donde se reconoce como necesaria para un desarrollo integral del ser humano y por ende de la sociedad (Lazzetta, 2002). Las características de los elementos naturales del paisaje afectan su uso para la recreación al aire libre, llegando a ser considerados como recursos para la recreación solamente si son útiles para estos propósitos; la combinación de las cualidades naturales tanto como la habilidad y deseo de las personas para usarlo, es lo que hace que un recurso sea recreativo (Araque, 2005).

Los ecosistemas conforman el entorno físico capaz de albergar tanto actividades de recreación como actividades de turismo proveyendo una serie de valores sociales que se constituyen en elemento fundamental en la salud física y mental, educación, identidad cultural, libertad, valores espirituales, entre otros; los sistemas naturales son así, una fuente crucial de bienestar no-material, además de indispensables para una sociedad sustentable (Gómez y De Groot, 2007).

## **Turismo**

El turismo es una forma particular de la recreación, la cual se ha constituido en una actividad fundamental tendiente a satisfacer esta necesidad (Boullón, 1990). El concepto turismo se define como “las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un periodo de

tiempo consecutivo inferior a un año, con fines de ocio, por negocios y otros motivos” (Pérez, 2004). En los últimos años, el turismo se ha convertido en la industria más importante del mundo, representando anualmente una actividad de US\$ 3.5 billones de dólares. La industria de los viajes y el turismo generan 212 millones de empleos (Ceballos, 1998). Para el año 2000, la actividad turística representó un movimiento de 673 millones de personas mostrando un aumento constante hasta llegar a 982 millones en 2011 con un incremento del 4.6% comparado con 2010; y con un crecimiento esperado de entre 3 y 4 % en 2012, se espera alcanzar la cifra del billón de personas viajando a través de las fronteras internacionales en un solo año generando ingresos que llegan a US\$ 1 trillón, siendo considerada como la actividad económica más dinámica del sector servicios y una de las más importantes actividades generadoras de riqueza a escala planetaria (WTO, 2011). Así, el turismo es un vector de globalización ya que promueve flujos financieros, de mercancías, personas e ideas a nivel mundial. En términos más específicos, se ha resaltado la importancia del turismo en relación con su impacto en la industria de los servicios (hotelería y otros servicios turísticos), de la construcción, en los sistemas de transporte, el movimiento de divisas, la generación de empleos y la penetración de empresas transnacionales y de modelos culturales exógenos (Ascanio, 2006).

El turismo es un agente de desarrollo al fomentar la modernización y creación de infraestructuras básicas en las que después se apoyarán otras actividades y porque armoniza las desigualdades regionales en la medida en que ciertas áreas pueden servirse de sus recursos patrimoniales (naturales y culturales) para paliar sus deficiencias de capitalización industrial o agropecuaria (Córdoba y García, 2003). Hoy

en día, la actividad turística ocupa el tercer lugar a nivel internacional en aportación de divisas y se considera que en poco tiempo podría sobrepasar a la industria petrolera y a la automotriz (De la Maza, 1997).

En el escenario mundial, los flujos de turismo tienen un marcado componente norte-sur, desde países con elevado estándar económico y en los que la civilización del ocio forma parte de los modos de vida, hacia países en los que a menudo existen deficiencias básicas de bienestar social y en los que las condiciones de trabajo no permiten la concepción de un tiempo libre dedicado al ocio (Vera *et al.*, 1997).

En este contexto, México ha ido ganando posiciones entre los destinos turísticos más relevantes, llegando a situarse en el octavo lugar a nivel mundial por afluencia de viajeros en 2000, aunque aún está relegado al onceavo puesto por captura de divisas. Dentro del país, el estado de Quintana Roo es el principal receptor de turistas, con un 24% de la afluencia total de visitantes extranjeros (SECTUR, 2003).

Desafortunadamente, esta industria se ha masificado a tal grado que la presión turística es cada vez mayor y se ejerce en muchos más parajes que nunca, abriendo la posibilidad a que el turismo se convierta en una herramienta de destrucción del medio ambiente. Por esta razón, desde hace algunos años, grupos de ambientalistas han comenzado a denunciar la problemática del turismo como una industria que consume recursos, modifica ecosistemas y amenaza la flora y la fauna de los lugares donde se implanta hasta el punto de condenarlos a la desaparición en muchos casos (Pérez, 2003).

Si bien es cierto que el turismo masivo ha constituido en muchas partes del mundo, un factor importante en la devastación de sus áreas naturales, en los países en vías de desarrollo, las comunidades locales rurales -ubicadas en su mayoría en áreas naturales de gran valor ecológico y escénico, protegidas o no-, representan una importante (si no la principal) causa de esa destrucción, ya que ellas ven en dichas áreas naturales sus únicas fuentes posibles de recursos económicos para subsistir (Sandoval, 2006). Con base en estas consideraciones, los movimientos ambientalistas de mediados de la década de 1980 comenzaron a trabajar en la idea de generar alternativas que permitieran la creación de incentivos económicos dirigidos hacia las poblaciones locales rurales, de manera que mediante dichas alternativas, estimularan la conservación de los ambientes naturales, especialmente los que se encontraban protegidos bajo el concepto de parques nacionales y que eran objeto de grandes presiones ambientales (Sandoval, 2006).

### **Turismo sustentable**

En el contexto del desarrollo sustentable se define el concepto de *Turismo Sustentable* como “aquél que pretende satisfacer las necesidades de los turistas así como de los destinos turísticos, protegiendo e incrementando las oportunidades de futuro”, es decir gestionar los recursos de manera que las necesidades económicas, sociales y estéticas puedan ser satisfechas mientras se mantiene la integridad cultural, los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los sistemas de vida. Por tanto, el objetivo fundamental del turismo sustentable es mantenerse en el tiempo, necesitando para ello obtener la máxima rentabilidad pero protegiendo los recursos naturales que lo sostienen y respetando e involucrando a la población (Pérez, 2004).

El turismo sustentable es un concepto que debe aplicarse a todos los tipos de turismo: Cultural, deportivo, sol y playa, náutico, de congresos, rural, ecoturismo, etc., y todos los sectores implicados en la industria turística: Alojamientos, transportes, actividades, agentes de viaje, etc. El turismo sustentable es un modelo económico de desarrollo diseñado para mejorar la calidad de vida de la población local; mejorar las condiciones de la gente que trabaja y vive en el destino turístico; proveer mayor calidad de la experiencia para el visitante; mantener la calidad del medio ambiente del que dependen tanto la población local como los visitantes; la consecución de mayores niveles de rentabilidad económica de la actividad turística para los residentes locales y asegurar la obtención de beneficios por parte de los empresarios turísticos (Pérez, 2004). Las metas básicas de un plan para el desarrollo basado en el turismo sustentable deben considerar la conservación del medio, la viabilidad financiera y técnica de proyectos, la creación de empleos permanentes, la capacitación del recurso humano en diversas áreas y el mejoramiento de la infraestructura, entre otros (SECTUR, 2004).

En algunos países la participación de las comunidades en las actividades turísticas es muy reciente. En este camino, se han ido gestando el desarrollo de diferentes modalidades de turismo que desde lo local exploten rasgos particulares, tanto naturales como culturales, de algunos territorios logrando incursionar con éxito en actividades que como el ecoturismo contribuyen a la protección de los recursos naturales y a mejorar los medios de vida de las comunidades locales (PRISMA, 2006).

## **Ecoturismo**

La creciente preocupación ambiental ha sido determinante para el surgimiento de una corriente turística que tiene como destino la naturaleza y que es actualmente objeto de una atención preferente a escala mundial -el Ecoturismo- (SEMARNAT, 2006). El ecoturismo está definido como “aquella modalidad turística ambientalmente responsable consistente en viajar o visitar áreas naturales relativamente sin disturbar con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales (paisaje, flora y fauna silvestres) de dichas áreas, así como cualquier manifestación cultural (del presente y del pasado) que puedan encontrarse ahí, a través de un proceso que promueve la conservación, tiene bajo impacto negativo ambiental y cultural y propicia un involucramiento activo y socioeconómicamente benéfico de las poblaciones locales” (Ceballos, 1994).

Los inicios del ecoturismo se centran en la necesidad de los movimientos ambientales de obtener fondos económicos para la conservación, provenientes de diferentes fuentes, situación que ha sido una preocupación permanente en muchos países. Se vislumbró que la única oportunidad que existía para los remanentes de paraíso, era que ellos generaran ingresos que satisficieran las necesidades de las personas que allí vivían (Chávez, 2005). Esta realidad fue el resultado de las nuevas tendencias que demostraban que ahora los turistas tenían interés por otros lugares, además de los tradicionales, que ofrecen arena, mar y sol. Surge así la idea de realizar actividades de turismo que permitieran no sólo satisfacer las necesidades de personalización de este nuevo tipo de turista, sino que a la vez se convirtieran en una fuente de ingresos económicos alternativos para aquellas comunidades que viven en esos ambientes de

alta fragilidad y los cuales aprovechaban de una manera no sostenible (Wearing y Neil, 1999).

El ecoturismo surge como una alternativa para el desarrollo local sustentable debido a que es un modelo de desarrollo centrado en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de vida en el ámbito local, sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas, de forma que los beneficios de la naturaleza abastezcan a las presentes y futuras generaciones (PRISMA, 2006).

El ecoturismo puede representar una oportunidad de generar y difundir una conciencia para la conservación de los recursos naturales y culturales, y de estimular la implementación y uso de tecnologías ecológicas para el mejor manejo de los recursos naturales. La actividad ecoturística cobra cada vez más relevancia para países y regiones con ecosistemas estratégicos ya que permite conservar los recursos naturales y culturales de las comunidades, y a la vez, generar para ellas ingresos de manera sostenible (Sandoval, 2006).

Uno de los principales criterios para la clasificación de una operación de turismo como ecoturismo es que los residentes locales del lugar deben recibir ventajas económicas sustanciales, las cuales sirvan tanto para originar un bienestar de vida local como para dar origen a incentivos para la conservación de la naturaleza (Wunder, 1999). Si el ecoturismo crea islas de bienestar sin contribuir a mejorar el nivel de vida de los habitantes de las zonas en que opera, generará conflictos y disgustos entre los lugareños, afectando el éxito de su desarrollo (De la Maza, 1997). Los pobladores

originarios de los sitios turísticos deben participar en los proyectos de desarrollo de turismo sustentable, ya que por elemental justicia, ellos deben organizar, edificar y operar, con la adecuada asesoría, el uso sostenible de sus recursos naturales. El uso racional de la naturaleza es una de las alternativas para diversificar las actividades en las comunidades indígenas y combatir así la pobreza. Es paradójico que en México, los asentamientos humanos más pobres se ubiquen en las áreas donde los ecosistemas son los de mayor biodiversidad (Deffis, 1998).

Se cree que el ecoturismo es el sector del turismo con más rápido crecimiento. Se han mencionado como posibles causas de este crecimiento la mayor conciencia ambiental, la promoción de la educación ambiental dentro de las escuelas, las intenciones de escapar de la contaminación y estrés de los ambientes urbanos, la difusión en medios de cobertura amplia acerca de temas ambientales, etc., pero cualesquiera que sean las causas es evidente el aumento en el cambio de una visión antropocéntrica del mundo a una más bio-ecocéntrica lo cual está motivando la afluencia a áreas naturales en la búsqueda de experiencias en nuevos ambientes, espacios de vida silvestre y de cultura (Young, 2008).

Es importante también hacer comentarios acerca del sector demandante de la actividad ecoturística; en este sentido, cuanto mayor interés muestran los turistas en las motivaciones ecoturísticas, mayor interés existirá por desarrollar actividades propias del segmento en sus salidas vacacionales; los intereses distintivos del segmento de ecoturistas están relacionados con los siguientes aspectos: Naturaleza virgen, bosques endémicos, parques y reservas naturales, aprendizaje en la naturaleza, fotografía de

paisajes naturales e integración con la población local. Ello permite predecir que ciertas actividades son de mayor interés de realización por parte de los ecoturistas (observar la naturaleza, practicar senderismo y travesía) que por los turistas convencionales, con mayor interés en otras actividades (ir de tiendas, comer en buenos restaurantes, la contemplación de ciudades, el descanso en comodidad, entre otras) (Díaz *et al.*, 2003).

Un término que ha surgido recientemente es el de “turismo patrimonial sostenible”, el cual promueve el desarrollo sostenible, la conservación del ambiente, la conservación de sitios históricos, la revitalización cultural y la investigación que brinda conocimiento interpretativo al turista (Ayala, 1997). Para acentuar aún más el enfoque ecoturístico hacia las comunidades y su relación con la diversidad biológica y la conservación del ambiente, se ha introducido otro concepto denominado “ecoturismo con participación comunitaria”, el cual es una clase particular de ecoturismo que se concentra no solamente en fomentar el bienestar de las comunidades sino también en lo que es propiedad de la comunidad y su participación en el ecoturismo (Lumpkin, 1998); así las comunidades descubren que proteger el ambiente y sus propias culturas puede generarles ingresos provenientes de los visitantes. Por su parte, los visitantes visitan comunidades para observar y conocer las culturas de estas comunidades y el ambiente que les rodea (Zhenjia, 2008).

El ecoturismo ha sido implementado exitosamente en muchos países para promover bienestar económico, conservación de recursos naturales y promover desarrollo comunitario (Liebertknecht *et al.*, 1998), pero es importante mencionar que han existido experiencias de turismo que no necesariamente se concentran en fomentar el bienestar

de las comunidades o en conservar el ambiente; sin embargo, se les llama con frecuencia ecoturismo (Ayala, 1997).

Es importante en la planeación de una iniciativa de ecoturismo estar seguros de que el proyecto esté dimensionado a la capacidad de carga de los recursos naturales y comunidad involucrada, infraestructura existente, destreza existente en capital humano participante y a los programas de monitoreo, lo cual asegura que un programa deficiente sea mejorado o relevado (Liebertknecht *et al.*, 1998). Si bien el turismo es una actividad económica que puede generar recursos para facilitar la preservación del sistema natural, también puede provocar la destrucción de los recursos en los que se basa y generar una ruptura de los procesos naturales del medio ambiente.

En la mayoría de los "desarrollos de ecoturismo", el acelerado crecimiento de oferta de servicios se ha producido de manera espontánea, por impulsos de la demanda, sin planificación ni previsiones de control (Fundación Naturaleza para el Futuro, 2002). El ecoturismo es una actividad en extenso y rápido crecimiento por todo el mundo, pero presenta un gran riesgo de daño para ambientes vulnerables por lo cual existe una sustancial necesidad para una buena planeación, manejo y regulación (Kimmel, 1999).

Han habido llamados de alerta acerca de que la contaminación de los sitios naturales en las áreas de destino del ecoturismo se ha convertido ya en un serio problema en todo el mundo, situación que impedirá su buen desarrollo en el futuro (Zhenjia, 2008). Se ha señalado que es un hecho inevitable de la vida que cada vez que un visitante pone un pie en su sitio ecoturístico, causa un impacto negativo; de igual manera se

menciona que un programa de ecoturismo iniciará muchas actividades de uso público que tendrán efectos tanto negativos como positivos y que por tal razón un “plan para el manejo del ecoturismo” permitiría la minimización de los efectos negativos y aseguraría que los positivos tengan mayor peso (Drum *et al.*, 2002). El tema de ecoturismo representa un problema complejo, el cual si no es manejado adecuadamente puede revertirse en una situación de amenaza para su desarrollo (Fundación Naturaleza para el Futuro, 2002), por lo que la protección de los sitios naturales dentro de los destinos ecoturísticos tiene una gran relevancia para el desarrollo del mismo (Zhenjia, 2008).

El desarrollo del ecoturismo como actividad económica ha planteado constantemente una alianza frágil, no siempre exitosa, entre una visión de crecimiento sin límites respecto a la generación de utilidades y el desarrollo de infraestructura, y una visión que limita el desarrollo imponiendo los criterios de baja intensidad y mínimo impacto ecológico. En la medida que estas visiones contrastantes no puedan resolverse, el resultado será el fracaso. Son muchos los ejemplos de áreas que, buscando el desarrollo del ecoturismo y sus beneficios, se han eliminado a sí mismas como áreas deseables para estas actividades (Chávez, 2005).

### **Aptitud del suelo**

El suelo es el principal recurso de riqueza y cimiento sobre el cual se realizan las actividades del hombre, un inapropiado uso de éste conduce a un aprovechamiento ineficiente de los recursos naturales, destrucción del recurso suelo, pobreza y otros problemas sociales; por ello, la sociedad debe asegurar que el suelo no sea degradado y que éste sea usado de acuerdo a su capacidad para satisfacer las necesidades

humanas tanto de las presentes como de las futuras generaciones manteniendo en todo momento la integridad de los ecosistemas (Rossiter, 1996).

En la actualidad, el principio de sustentabilidad se impone en el desarrollo de cualquier tipo de actividad, buscándose no degradar ni agotar los recursos que hacen posible dicho desarrollo. La puesta en marcha de cualquier actividad turística en la naturaleza debe asegurar un uso potencial y ordenado de los recursos que le sirven como soporte, siendo esencial llevar a cabo una adecuada distribución territorial de las mismas (Luque, 2003).

La evaluación del suelo es el proceso de evaluar los posibles usos del mismo para fines de agricultura, ingeniería, silvicultura, recreación, industria, conservación, etc. (Van Lanen *et al.*, 1992). En un concepto más formal, la “evaluación de suelos” puede ser definida como “aquellos métodos utilizados para explicar o predecir el rendimiento del suelo en términos tanto de los beneficios esperados y las restricciones para su uso productivo como de la degradación ambiental esperada a consecuencia de tal uso”. Una vez que este potencial es determinado, la planeación de uso del suelo puede proceder sobre una base racional, al menos con respecto a lo que el recurso suelo pueda ofrecer (Rossiter, 1996).

Una adecuada planificación ambiental supone el establecimiento de los usos más apropiados para cada área o punto del territorio, por lo que, una correcta ordenación de las actividades o usos en la naturaleza debe basarse en la determinación de la capacidad del medio para acoger dichas prácticas y en el impacto que pueden llegar a

causar las mismas, buscándose la utilización óptima de los recursos naturales existentes y una distribución acorde de estas actividades en función de las características físicas y biológicas del espacio (Bosque y García, 2002; Luque, 2003).

Un concepto importante en el ámbito de la evaluación y ordenación espacial es el de “capacidad”, el cual se basa a su vez en otros conceptos básicos como son el concepto de “aptitud” (que resume el grado de adaptación del medio a los requerimientos del objeto para el que es evaluado), el de “restricciones” (los factores que son incompatibles con el objeto) y el de “impacto” (los efectos negativos que pueden derivarse de su implantación) (Gómez, 2007).

La determinación de la aptitud está definida por un uso y una unidad territorial y constituye la base para la planificación y gestión del conjunto de usos de suelo en la totalidad de un territorio (Santé y Crecente, 2005). La aptitud es una medida del grado en el cual las cualidades de una unidad de suelo satisfacen los requerimientos de una forma particular de uso del suelo; esta correspondencia cualidades-requerimientos determina la habilidad de un tipo de suelo específico para soportar un determinado uso de suelo. El proceso central de esta determinación es la comparación de las cualidades de la tierra con los requerimientos de cada tipo de utilización de la misma (FAO, 1983).

Prakash (2003) resume el concepto de aptitud como “la habilidad de un determinado tipo de suelo para soportar un uso particular”, siendo el principal objetivo de la evaluación de la aptitud la predicción de la capacidad inherente de una unidad de suelo para soportar un uso específico por un largo periodo de tiempo sin que sufra deterioro y

para minimizar los costos socioeconómicos y ambientales; tal evaluación es un paso importante para detectar los límites ambientales dentro de la planeación sustentable de uso del suelo. La derivación de una medida de aptitud física del suelo es un requisito primario para la planeación y desarrollo de la utilización del mismo, dado que permite guiar las decisiones sobre la utilización de éste para un uso óptimo de los recursos (Bandyopadhyay *et al.*, 2009).

El proceso de clasificación de aptitud del suelo es la evaluación y agrupación de áreas específicas del mismo en término de su aptitud para un uso definido; por lo común, el resultado de una evaluación es un mapa que describe la aptitud de un área para un uso particular de interés en donde es posible ubicar los espacios en alguna escala de aptitud como podría ser por ejemplo: Apto sin limitaciones, apto con algún tipo de limitación o no apto (Van Lanen *et al.*, 1992).

### **Evaluación multicriterio**

Tomar decisiones es algo común en la vida del hombre e implica consecuencias, por lo que deben ser cuidadosas y basarse, además de la experiencia, en metodologías científicas (Elineema, 2002). La teoría de decisiones es un conjunto de conocimientos y técnicas analíticas relacionadas, diseñadas para permitir a los centros de decisión desarrollar un procedimiento lógico y coherente para determinar y valorar factores que afectan la decisión y así tener una guía para elegir una alternativa basándose en sus preferencias (Romero, 1993). Debido a que uno de los objetivos de los SIG es proveer soporte para la toma de decisiones en el ámbito espacial, han sido alimentados con capacidades para el soporte de decisiones a través de herramientas de Evaluación

Multicriterio Espacial (Barredo y Gómez, 2006). Muchos procedimientos multicriterio basados en SIG pueden ser ejecutados con operaciones básicas de los mismos; sin embargo, para proveer mayor soporte a decisiones espaciales y de planeación, los SIG deben también proveer capacidades de modelación matemática y estadística (Malczewski, 1999).

### **Proceso Analítico Jerarquizado (AHP)**

Existe una serie de métodos y enfoques teóricos especialmente diseñados para el contexto de problemas decisionales de tipo discreto, en donde el número de alternativas a considerar es finito y normalmente no muy elevado; uno de ellos ampliamente usado es el Analytic Hierarchy Process (AHP) por sus siglas en inglés (Romero, 1993). El AHP fue introducido en 1970 y aplicado a numerosos y variados estudios relacionados con la economía, salud, política, planificación urbana, etc. (Malczewski, 1999); en términos generales, su proceso consiste en descomponer una situación compleja y no estructurada en sus componentes, ordenarlos en una jerarquía, realizar comparaciones binarias y atribuir valores numéricos a juicios subjetivos (respecto de la importancia relativa de cada variable), y sintetizar los juicios, agregando las soluciones parciales en una solución (Barredo y Gómez, 2006). El AHP es un método clásico en la teoría de la decisión multicriterio debido a que es bastante intuitivo en su aplicación; probablemente sea el método más difundido y con la mayor gama de experiencias prácticas tanto en los Estados Unidos de América como en el resto del mundo (Elineema, 2002). Este método está diseñado para reflejar la manera en que la gente piensa cuando se enfrenta a situaciones complejas ya que está basado en la

habilidad innata humana de emitir juicios bien fundados sobre pequeños problemas (Ramírez, 2007).

### **Sistemas de información**

El crecimiento de la sociedad ha traído consigo gran diversidad de problemas a resolver mismos que son resueltos a través del desarrollo de la ciencia y la tecnología. Un campo con gran avance en la actualidad es el del cómputo que entre otras cosas ha permitido el surgimiento de las computadoras personales. Hoy en día, los equipos de cómputo son una valiosa herramienta en la resolución de gran cantidad de problemas en la vida cotidiana; en el desarrollo de la ciencia y la tecnología resultan ser una herramienta invaluable (Mora y Molino, 1985). Un equipo de cómputo por sí sólo es un conjunto de componentes físicos con muy limitadas capacidades; su verdadero potencial se manifiesta cuando se integra en un “Sistema de Información” cuyo concepto es una referencia general a un sistema computarizado cuyas funciones principales son proporcionar capacidad de procesamiento de datos para la generación de la información necesaria para tomar decisiones fundamentadas (Long y Long, 1999). Uno de los componentes fundamentales en los “Sistemas de Información” es el denominado “Software” que hace referencia al conjunto de programas que permiten el procesamiento de información para la realización de una función particular. El software es el elemento que hace posible el uso de los equipos de cómputo en prácticamente todas las áreas del conocimiento (Gómez y Ania, 2008).

## **Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se pueden definir como una tecnología integradora (hardware-software) que une varias disciplinas con el objetivo común del análisis, creación, adquisición, almacenamiento, edición, transformación, visualización, distribución, despliegue, etc., tanto de datos espaciales como de sus atributos para dar soporte a actividades de toma de decisiones en la resolución de problemas complejos de planeación y administración (Barredo *et al.*, 2004; Malczewski, 1999; Robinson *et al.*, 1995). Los SIG se basan en el concepto de dividir áreas geográficas en capas de información. Una capa de información es el conjunto de datos la cual describe una característica específica del mundo, por ejemplo vegetación, tipo de suelo, carreteras, cuerpos de agua, etc. (Soria *et al.*, 1998).

## **Desarrollo de software**

La ingeniería de software es un enfoque sistemático del desarrollo, operación y mantenimiento del software cuyos objetivos, entre otros, son mejorar la calidad de los productos de software y suministrar a los desarrolladores las bases para construir software de alta calidad en forma eficiente (Zapata *et al.*, 2010). El proceso de desarrollo de un software contempla una serie de fases con características muy particulares, las cuales se describen a continuación:

**Definición y Análisis.** Son las fases iniciales del ciclo de vida del software; su propósito es establecer comunicación con el usuario final para definir, documentar y analizar sus requerimientos (Rumbaugh, 1994).

**Diseño.** En esta fase, mediante un proceso iterativo, se traducen los requisitos y especificaciones de las fases previas en una representación del software por construir, que incluye el diseño de datos, en el cual se especifican la estructura de los datos; diseño de arquitectura, en donde se definen las unidades estructurales (clases); diseño de interfase, la cual especifica la interfase entre las unidades; y diseño de procedimientos, en donde se especifican los algoritmos de cada función (Gustafson, 2002). El resultado en esta fase debe ser un documento con suficiente detalle para permitir que el sistema sea implementado sin mayor intervención del diseñador o el usuario. Tres aspectos de diseño son de crucial importancia: (a) la modelación de la funcionalidad del sistema; (b) los objetos que constituyen el sistema; y (c) cómo los objetos interaccionan entre sí para proveer la funcionalidad deseada (Ortega, 2005).

**Implementación.** En esta etapa se realizan las tareas de programación consistentes en llevar a código fuente, en el lenguaje de programación elegido, todo lo diseñado en la fase anterior. Esta tarea la realiza el programador, siguiendo por completo los lineamientos impuestos en el diseño y en consideración siempre a los requisitos funcionales y no funcionales especificados en la primera etapa; en esta etapa se resuelve la funcionalidad interna de objetos individuales (Joyanes, 2006). Mientras se programa la aplicación, sistema, o software en general, se realizan también tareas de depuración, esto es la labor de ir liberando al código de los errores factibles de ser hallados en esta fase (de semántica, sintáctica y lógica) (Ortega, 2005).

**Pruebas.** Las pruebas de software se definen como “una actividad en la cual un sistema o uno de sus componentes se ejecuta en circunstancias previamente

especificadas, los resultados se observan y registran, y se realiza una evaluación de algún aspecto”; son la actividad más común de control de calidad realizada en los proyectos de desarrollo o mantenimiento de aplicaciones y sistemas (INTECO, 2009). Aunque un aseguramiento de calidad de software más eficaz debería incluir otras técnicas como, por ejemplo, inspecciones y revisiones (automatizadas o no) de modelos y documentos no ejecutables de las primeras fases de desarrollo, no existe proyecto de desarrollo que no realice de manera más o menos exhaustiva y formal pruebas de software (Fernández, 2005).

**Mantenimiento.** Esta fase esta relacionada a las actividades post-liberación e involucra la modificación del código y de la documentación asociada para eliminar el efecto de errores residuales que surgen durante el uso. El “Mantenimiento del software” se define como “La modificación de un sistema de software o componentes después de la liberación con la intención de corregir fallas, mejorar el desempeño y agregar nuevas capacidades o adaptaciones a cambios en el ambiente” (Grubb y Takang, 2003). Las actividades relacionadas con el mantenimiento han sido clasificadas como: Mantenimiento correctivo que consiste en la identificación y remoción de fallas encontradas; Mantenimiento adaptativo cuya finalidad es dar respuesta a cambios en el ambiente de operación del software; Mantenimiento evolutivo, referente a cambios como resultado de requerimientos de usuarios para mejorar la funcionalidad del software; Mantenimiento de emergencia consistente en mantenimiento correctivo no previsto para mantener la operación del sistema; y Mantenimiento preventivo, referente a cambios para detectar y corregir fallas latentes (Mohapatra, 2010).

#### 1.4. ÁREA DE ESTUDIO PARA DETERMINAR LA APTITUD ECOTURÍSTICA

El área de estudio (Figura 1.1) está ubicada en la zona oriente del estado de México; corresponde a la zona montañosa ubicada en la porción oriente del municipio de Texcoco conocida como Sierra Nevada la cual se extiende hasta su límite oriental y que a su vez forma parte de la Sierra Madre Oriental; corresponde a la zona de sierra bajo influencia del municipio de Texcoco. Se extiende en un gradiente altitudinal que va aprox. de los 2600 a 4127 m, representando cerca del 36% de la superficie del municipio. En el paisaje figuran cumbres, crestas rocosas, riscos, peñascos y picachos, quebradas y barrancas, cerros y alturas escarpadas que propician la formación de estrechos vallecillos, mesetas y cordones que contienen poca y mala tierra de labor (Sánchez y López, 2003).

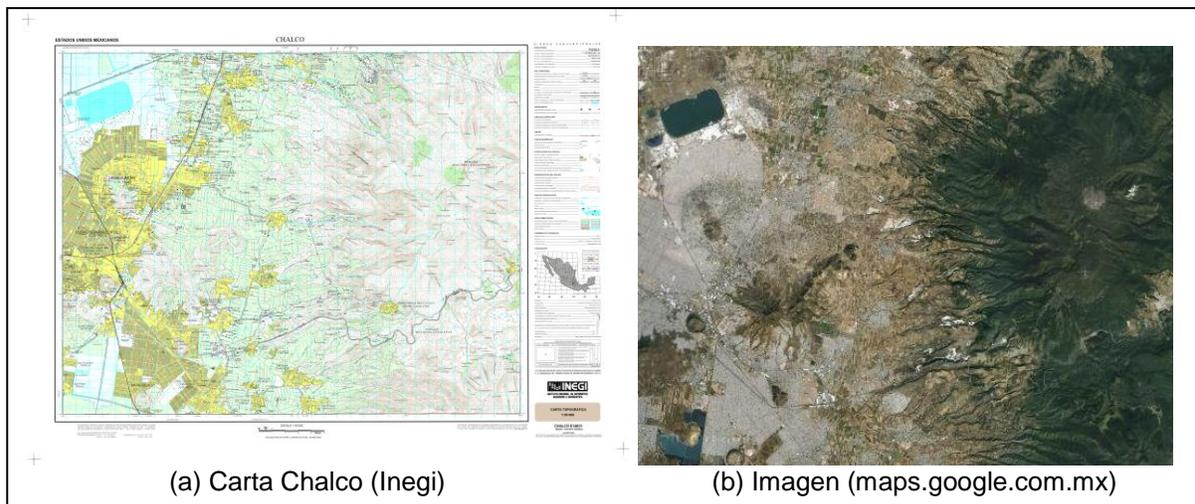


Figura 1.1. Área de estudio, Sierra Nevada de Texcoco.

A las faldas de la Sierra Nevada se localizan poblaciones como San Pablo Ixayoc, Santa Catarina del Monte, Santa María Tecuanulco, Guadalupe Amanalco y San Jerónimo Amanalco; los suelos son de poca profundidad; el régimen de tenencia de la

tierra es en su mayor parte comunal y ejidal, con una pequeña porción correspondiente al parque nacional Izta-Popo. Esta zona provee una serie de bienes y servicios a nivel local y regional; está conformada por áreas forestales; sin embargo, ha estado sujeta a deterioro y disminución de los recursos a través del acelerado cambio de uso del suelo al presentarse un constante incremento de las áreas para uso de suelo agrícola y urbano (Pulido, 1998).

Geología: La Sierra Nevada que se extiende hasta los 4,127 m de altitud, corre de norte a sur dominando el paisaje en el extremo oriente del municipio. Incluye andesitas del terciario y un área de basaltos en el norte.

Clima: Semi-frío subhúmedo.

Recursos hidrológicos: Básicamente constituido por algunos manantiales y corrientes superficiales correspondientes a los ríos Jalapango, Coxcacuaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino y Coatlinchan, los cuales llevan agua durante ciertos meses del año.

Problemática local: Existe una fuerte degradación ambiental la cual se expresa en la deforestación y la erosión de los suelos como producto de la tala clandestina, los incendios forestales y el manejo inadecuado de los suelos; el deterioro de los sistemas naturales de captación de agua ha ocasionado un desequilibrio en las recargas acuíferas.

Suelos: Existen suelos de poca profundidad de textura media y sus limitaciones para el uso agrícola son pronunciadas pendientes y el consecuente riesgo de erosión.

Vegetación: La mayor parte de esta zona está cubierta de bosques donde predominan los tipos de vegetación de bosque de pino, bosque de oyamel, pastizal, bosque de pino-oyamel-encino, bosque de pino-aile-encino y bosque de pino-encino.

Fauna: En las áreas de bosque se encuentran todavía algunas especies como cacomiztle, zorrillo, conejo, hurón, ardilla, tuza, liebre, tlacuache, armadillo, coyote, venado, gato montes, águila, aguililla, gavián, cardenal, gorrión, azulejo, tórtola, canario, calandria, ruiseñor, colibrí, granjo, jilguero, pájaro carpintero, búho enano, tecolote, lechuza, zopilote, correccaminos, tejón, lagartija, víbora de cascabel, camaleón entre otros.

Tenencia de la tierra: Comunal, ejidal y zona federal en forma de parque nacional.

Importancia para el ecoturismo: La Sierra Nevada cuenta con la mayor reserva natural cercana a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México constituida por bosques, manantiales, formaciones rocosas, cañadas, etc., que en su conjunto conforman un corredor ecológico que aporta agua, aire limpio y paisajes de gran belleza no solo a la región sino a la Zona Metropolitana y a la propia Ciudad de México. Todas estas cualidades le otorgan un perfil destacado para el desarrollo del ecoturismo y que aunado a la cercanía a la ciudad más grande del mundo le confieren un enorme potencial para el desarrollo de una gama de actividades ecoturísticas (Caballero, 2007).

## **1.5. LITERATURA CITADA**

Araque J., E. 2005. Las nuevas funciones recreativas de los montes. Reflexiones desde un escenario privilegiado: Las sierras de Segura y Carzola (Jaén). Cuadernos de turismo, 15: 7-25.

Ascanio, A. 2006. La globalización del turismo y la concentración de su riqueza. Pasos, Revista de Turismo y Patrimonio Cultural, 4(2): 271-277.

Ayala, H. 1997. Resort ecotourism: A catalyst for national and regional partnerships. The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly, 38(4): 34-45.

Barredo, J. I.; I. Demicheli; C. Lavalle; M. Kasanko y N. Mc cormick. 2004. Modelling future urban scenarios in developing countries: An application case study in Lagos, Nigeria. Environment and Planning: Planning and Design, 32: 65-84.

- Barredo C., J. I. y M. Gómez D. 2006. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2ª. Ed. Alfaomega. México. 279 p.
- Bandyopadhyay, S.; R. K. Jaiswal; V. S. Hegde y V. Jayaraman. 2009. Assessment of land suitability potentials for agriculture using a remote sensing and GIS based approach. *International Journal of Remote Sensing*, 30(4): 879-895.
- Beltrán M., L. F.; F. García R.; J. Borges C. y A. Ortega R. 2002. Apertura comercial y medio ambiente. *Interciencia*, 27(5): 259-263.
- Bosque S., J. y R. García C. 2000. El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20: 49-67.
- Boullón, R. C. 1990. Las actividades turísticas y recreacionales. El hombre como protagonista. Editorial Trillas. México. 199 p.
- Caballero R., A. E. 2007. Los programas y proyectos turísticos del municipio de Texcoco, una alternativa viable para el desarrollo. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 86 p.
- Ceballos L., H. 1994. Estrategia nacional de ecoturismo para México. Secretaría de Turismo. México. 204 p.
- Ceballos L., H. 1998. Ecoturismo: Naturaleza y desarrollo sostenible. Edit. Diana. México. 185 p.
- Chávez De La P., J. 2005. Ecoturismo TAP. Metodología para un turismo ambientalmente planificado. Trillas. México. 138 p.
- Córdoba O., J. y A. García F. 2003. Turismo, globalización y medio ambiente en el caribe mexicano. *Investigaciones Geográficas*, 52: 117-136.
- De Groot, R. S.; M. A. Wilson y R. M. J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41: 393-408.
- Deffis C., A. 1998. Ecoturismo categoría 5 estrellas. Árbol Editorial. México. 297 p.
- De la Maza E., J. 1997. Natura Mexicana. Ecoturismo. Edit. Fondo Editorial de la plástica mexicana. México. 213 p.
- Díaz Armas, R. J.; D. Gutiérrez y F. J. García. 2003. Implicaciones de marketing para el desarrollo del ecoturismo en Canarias. IV Seminario de Economía Canaria. ULL, ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. España. 34 p.

- Drumm, A.; A. Moore; A. Soles; C. Patterson y J. E. Terborgh. 2002. Desarrollo del ecoturismo: Un manual para los profesionales de la conservación. Volumen II: Desarrollo y manejo del ecoturismo. Edit. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia, USA. 116 p.
- Elineema, R. R. 2002. Análisis del método AHP para la toma de decisiones multicriterio. Tesis de Maestría. UNAM. México. 98 p.
- FAO. 1983. Guidelines: Land evaluation for rainfed agriculture. Soils Bulletin 52. FAO, Roma. 237 p.
- Farb, P. 2003. El bosque. Trad. Agustín Bárcena. Colección Time-Life. México. 192 p.
- Fernández S., L. 2005. Un sondeo sobre la práctica actual de pruebas de software en España. REICIS Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, 1(2): 43-54.
- Flores R., J. G. 1988. El sistema de los recursos naturales para el desarrollo rural sostenible. Seminario de Manejo de Ecosistemas Hidrológicos y Terrestres. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Mimeóg. 10 p.
- FUNDACIÓN NATURALEZA PARA EL FUTURO. 2004. Plan de manejo y conservación de los esteros del Iberá. Proyecto GEF/PNUDARG/02/G35. Buenos Aires, Argentina. 70 p.
- Gómez S., A. y I. J. Ania B. 2008. Introducción a la computación. Cengage Learning. México. 513 p.
- Gómez B., E. y R. De Groot. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: Explorando las bases ecológicas de la economía. Ecosistemas, XVI(3): 4-14.
- Gómez O., D. 2007. Ordenación territorial. Edit. Mundi-Prensa. España. 766 p.
- Gustafson, D. 2002. Schaum's outline of software engineering. McGraw-Hill. Blacklick, OH, USA. 237 p.
- Grubb, P. y A. A. Takang. 2003. Software maintenance. Concepts and Practice. World Scientific Publishing Co. USA. 370 p.
- Hernández I., A. A. 2007. El ecoturismo como una estrategia de desarrollo sostenible: Un análisis basado en la teoría económica. Entelequia. Revista Interdisciplinar, 5: 209-225.
- INTECO. 2009. Guía de validación y verificación. Laboratorio Nacional de Calidad del Software. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación. Gobierno de España. 81 p.

- Joyanes, L. 2006. C++, algoritmos, estructuras de datos y objetos. Mc Graw Hill. España. 450 p.
- Kimmel, J. R. 1999. Ecotourism as environmental learning. *The Journal of Environmental Education*, 30(2): 40-44.
- Lahuerta, E. D.; L. Prieto F. y V. J. Yuste P. 2004. El ocio y tiempo libre como claves integradoras en el deficiente mental. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesores*, 18(2): 181-194.
- Lazzetta Di S., E. 2002. Una metodología de planificación turística y recreacional para parques urbanos en frentes de agua. *Cuadernos de Turismo*, 10: 167-180.
- Lindberg, K. y D. Hawkins. 1998. *Ecotourism: A guide for planners and managers*, Vol. I. The Ecotourism Society, Vermont, TES Publications. USA. 175 p.
- Liebertknecht, K.; J. Papazian y A. Mc Quay. 1998. Balancing coservation and economics. *Journal of Sustainable Forestry*, 8(3): 107-106.
- Long, L. y N. Long. 1999. *Introducción a las computadoras y a los sistemas de información*. Prentice Hall. México. 416 p.
- Lumpkin, T. 1998. *Ecoturismo con participación comunitaria en la Cuenca del Canal de Panamá*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional en Panamá. Panamá. 93 p. <http://taralumpkin.com/wordpress/wp-content/uploads/2009/11/EcoturismoParticipación.pdf> Consulta Enero/2012.
- Luque Gil, A. M. 2003. La evaluación del medio para la práctica de actividades turístico-deportivas en la naturaleza. *Cuadernos de turismo*, 12: 131-149.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons. U.S.A. 392 p.
- Martín M., R. 2000. La revolución ambiental pendiente. *Revista Mexicana de Legislación Ambiental*, 1(2): 31-44.
- Martínez C., E. 1992. Recursos naturales, biodiversidad, conservación y uso sustentable. *Multequina*, 1: 11-18.
- Maslow, A. H. 1943. A theoric of human motivation. *Psychological Review*, 50: 370-396.
- Mohapatra, P. K. J. 2010. *Software Engineering*. New Age International. Delhi, India. 478 p.
- Mora, J. L. y E. Molino. 1985. *Introducción a la informática*. Trillas. México. 393 p.

- Morán O., P. 2004. La docencia como recreación y construcción del conocimiento. Sentido pedagógico de la investigación en el aula. *Perfiles Educativos*, 26(105): 41-72.
- Morera, J. A. 2000. Agricultura, recursos naturales, medio ambiente y desarrollo sostenible en Cosa Rica. *Agronomía mesoamericana*, 11(1): 179-185.
- Naredo, J. M. 2005. Las raíces económicas del deterioro económico y social. Edit. Siglo XXI. Madrid, España. 271 p.
- Ortega A., J. L. 2005. The practical design method: A software design method for a first object oriented project. *Computación y Sistemas*, 9(1): 41-54.
- Pearce, D. 1988. Valoración de recursos y las implicaciones para el manejo de tierra y agua. University Collage London, United Kingdom. 12 p.
- Pérez C., J. R. 2005. Medio ambiente, globalización, mercado y desarrollo humano. (Un breve recuento histórico y situación actual del debate). *Aportes*, X(28): 121-135.
- Pérez De las H., M. 2003. La guía del ecoturismo: O como conservar la naturaleza a través del turismo. 2ª Ed. Edit. Mundi-Prensa. España. 290 p.
- Pérez De las H., M. 2004. Manual del turismo sostenible: Cómo conseguir un turismo social, económico y ambientalmente responsable. Edit. Mundi-Prensa. México. 288 p.
- Pérez S., A. 1997. Recreación, fundamentos teórico-metodológicos. Edit. Instituto Politécnico Nacional. México. 190 p.
- Pimentel, D.; U. Stachow; D. Takacs; H. Brubaker; A. Dumas; J. Meaney; J. O'neil; D. Onsi y D. Corzilius. 1992. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *Bioscience*, 42(5): 354-362.
- Prakash, T. N. 2003. Land suitability analysis for agricultural crops: A fuzzy multicriteria decision making approach. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands. 57 p.
- PRISMA. 2006. Avanzando hacia el ecoturismo comunitario en la Mancomunidad La Montaña, Chalatenango. Fundación PRISMA. El Salvador. 23 p.
- Pulido A., R. 1998. Texcoco. Monografía municipal. Instituto Mexiquense de Cultura. Gobierno del Estado de México. 118 p.

- Ramírez, A. M. 2007. El proceso de análisis jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal. Tesis de doctorado. Programa de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 203 p.
- Reiche, C. C. 1988. Restricciones al desarrollo de programas de recursos naturales en América Central. CATIE. Costa Rica. Mimeó. 6 p.
- Rivas, J. L. 2009. Turismo sostenible o insostenible, esa es la cuestión: Indicadores proxy para una planificación turística ambientalmente responsable. *Cim Economía*, 15: 375-418.
- Robinson, A. H.; J. I. Morrison; P. C. Muehrcke; A. J. Kimeling y S. C. Guptill. 1995. *Elements of cartography*. 6<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 673 p.
- Rodríguez M., J. L. 2000. El sector forestal en México. ¿Alternativa económica o catástrofe ecológica? *Moblaje*, 1(5): 66-68.
- Romero, C. 1993. Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Edit. Alianza Editorial. Madrid, España. 191 p.
- Rossiter, D. G. 1996. A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, 72: 165-202.
- Rumbaugh, J. 1994. Getting started, using use case to capture requirements. *Journal of object-oriented programming*, 7(5): 8-12.
- Sánchez G., A. y L. López M. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*. UNAM, 74(1): 47-71.
- Sandoval S., E. R. 2006. Ecoturismo. Operación técnica y gestión ambiental. Edit. Trillas. México. 237 p.
- Santé R., I. y R. Crecente M. 2005. Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales. *Geofocus*, 5: 40-68.
- SEMARNAT. 2006. Introducción al ecoturismo comunitario. Edit. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 119 p.
- SECTUR. 2003. Ocupación en servicios turísticos de hospedaje. [http:// www.datatur.sectur.gob.mx/jsp/consulta\\_indicadores.jsp](http://www.datatur.sectur.gob.mx/jsp/consulta_indicadores.jsp) Consulta Junio 2009.
- SECTUR. 2004. Turismo alternativo una nueva forma de hacer turismo. Fascículo 1. Serie Turismo Alternativo. Secretaria de Turismo. México, D.F. 58 p.

- Soria R., J.; C. A. Ortiz S.; F. Islas G. y V. Volke H. 1998. Sensores remotos: Principios y aplicaciones en la evaluación de los recursos naturales. Experiencias en México. Publicación especial 7. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México. 93 p.
- Taylor, D. 1999. Central Park as model for social control: Urban parks, social class and leisure behavior in nineteenth-century America. *Journal of Leisure Research*, 31(4): 420-477.
- Thoms, C. A. y D. R. Betters. 1998. The potential for ecosystem management in México's forest ejidos. *Forest Ecology and Management*, 103: 149-157.
- Van Lanen, H. A. J.; M. J. D Hack-Ten B.; J. Bouma y W. J. M. De Groot. 1992. A mixed qualitative/quantitative physical land evaluation methodology. *Geoderma*, 55: 37-54.
- Vera, F. J.; E. López; M. J. Marchena y S. Antón. 1997. Análisis territorial del turismo. Edit. Ariel Geografía. España. 435 p.
- Wearing, S. y J. Neil. 1999. Ecoturismo. Impacto, tendencias y posibilidades. Edit. Síntesis. Madrid. 269 p.
- WTO. 2011. UNWTO. Annual report 2011. World Tourism Organization. Madrid, España. 86 p.
- Wunder, S. 1999. Promoting forest conservation through ecotourism income? A case study from the Ecuadorian Amazon region. CIFOR. Occasional paper No. 21. 24 p.
- Yilmaz, S.; N. Demircioglu Y.; S. Toy y M. A. Irmak. 2009. The role of climatic elements in public tendency towards alternative tourism: a sample of Turkey. *Atmósfera*, 22(4): 367-374.
- Young B., M. 2008. Development of criteria and indicators for evaluating forest-based ecotourism destinations: A Delphi Study. Dissertation, West Virginia University. USA. 138 p.
- Zapata J., C. M.; G. L. Giraldo y G. A. Urrego G. 2010. Las ontologías en la ingeniería de software: Un acercamiento de dos grandes áreas del conocimiento. *Revista Ingenierías, Universidad de Medellín*, 9(16): 91-99.
- Zhenjia, Z. 2008. Significance of protecting natural sites for ecotourism development. *Management Science and Engineering*, 2(1): 101-106.
- Ziperovich, A. 2004. Turismo y recreación. Edit. Trillas. México. 156 p.

## **CAPÍTULO II**

### **MÉTODOS PARA DETERMINAR LA APTITUD ECOTURÍSTICA DE ÁREAS FORESTALES<sup>1</sup>**

#### **2.1 RESUMEN**

Una iniciativa de ecoturismo debe basarse en las características biofísicas, perceptuales del espacio y en la capacidad del medio para sostener sus actividades. Diferentes estudios han planteado metodologías para abordar esta capacidad (Aptitud); sin embargo, pocos han abordado un análisis comparativo para determinar su utilidad práctica. El objetivo del presente trabajo fue analizar los métodos empleados en la determinación de la aptitud ecoturística de áreas forestales para orientar trabajos futuros sobre aptitud ecoturística. En el análisis se encontraron métodos cualitativos que describen la información relacionada con el problema de estudio, y métodos cuantitativos, que se basan en la medición de variables y procesos estadísticos para su análisis. Estos últimos presentan amplias ventajas sobre los primeros al caracterizar la actividad ecoturística de interés a través de criterios naturales, económicos y sociales e indicadores asociados como topografía, vegetación, hidrografía, geología, cercanía a las poblaciones, e infraestructura, además de generar un valor de aptitud con fines comparativos, siendo así los más deseables para evaluar la aptitud ecoturística. El conocimiento de las cualidades de ambos tipos de métodos proporciona un elemento de valoración metodológica adicional a trabajos futuros en el tema.

Palabras Clave: Turismo, ecoturismo, SIG, evaluación multicriterio.

---

<sup>1</sup> Artículo en revisión en la Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

## **2.2 ABSTRACT**

Any ecotourism initiative must be based in biophysical characteristics that exist in the zone and the suitability of the environment to sustain its activities. Several studies have proposed methodologies to define the suitability for such purpose, however, only a few of them have approached a comparative analysis in order to determine its practical usefulness. The objective of the present study is conducting an analysis of methods employed to determine ecotourism suitability of forest areas for directing future work on ecotourism suitability definition. In the analysis, qualitative methods were identified, which describe the information related to the problem of study, and quantitative methods, which focus on measuring variables and application of statistical processes for their analyses. The latter approach presents broad advantages over the former one as it allow characterizing the ecotourism activity of interest through natural, economic, and social criteria, and associated indicators such as topography, vegetation, hydrography, geology, proximity to settlements, and infrastructure, as well as to generate a suitability value for comparative purposes, being the most desirable for evaluating ecotourism suitability. Knowing both methodological approaches provides guidance for future assessment on this topic.

Keywords: Tourism, ecotourism, GIS, multiple criteria evaluation.

## **2.3 INTRODUCCIÓN**

La recreación es una necesidad fundamental para el desarrollo del ser humano y para el bienestar social (Maslow, 1943) debido a los beneficios físicos, psicológicos y

sociales que genera (Yilmaz *et al.*, 2009). Una de las variantes de la extensa gama de tipos de recreación es la correspondiente al ecoturismo, cuya actividad crece rápidamente en el mundo (Kimmel, 1999). Su importancia radica en el interés de aprovechar recursos locales tanto naturales como culturales, para promover una actividad económica que a través de la atención de la demanda de recreación de un sector de la sociedad, genere una derrama de beneficios que dé origen a un desarrollo comunitario y a una motivación para la conservación y aprovechamiento sustentable de muchos ecosistemas en los países (Liebertknecht *et al.*, 1998).

Esta actividad requiere de un espacio geográfico natural capaz de soportar su desarrollo de forma sustentable. Por tanto, cualquier iniciativa de ecoturismo requerirá del conocimiento de la aptitud de las áreas naturales para sostener dicha actividad. Este conocimiento es muy importante para los centros de decisión en planificación ambiental, ya que a través del mismo ellos podrían asignar o no las áreas (por ej., las forestales) a un uso potencial ecoturístico considerando sus ventajas y desventajas. Al respecto, existen métodos para estimar la aptitud de terrenos forestales para actividades ecoturísticas (Luque-Gil, 2003); sin embargo, a la fecha no existe una recopilación de tales metodologías y un análisis de la utilidad de los mismos. Por tanto, el objetivo del presente trabajo es realizar un análisis comparativo de las ventajas y desventajas así como de los criterios e indicadores más adecuados para la definición de metodologías para evaluar la aptitud ecoturística. Su importancia radica en generar un antecedente de apoyo que permita orientar la realización de trabajos futuros sobre el tema. Además de dar a conocer a los tomadores de decisiones, las fortalezas y debilidades de cada técnica.

## **2.4 DESARROLLO**

### **Necesidades de investigación en ecoturismo**

El ecoturismo no es solo un fenómeno recreativo, es también un campo académico emergente (Weaver, 2001) en donde la investigación ha sido conducida desde una variedad de perspectivas como la antropológica, biológica, sociológica, económica, silvícola, geográfica, ciencia política, etc. (Backman y Morais, 2001). Esta variedad de perspectivas ha propiciado una escasa dirección común y la dispersión a través del espectro de las metodologías de investigación (Backman y Morais, 2001), reconociéndose una carencia de rigor científico así como de construcción de teorías (Fennell, 2001) quizá debido a la etapa de adolescencia en que se encuentra (Weaver y Lawton, 2007). Por tanto, hace falta acrecentar el conocimiento sobre las bondades y debilidades de las técnicas utilizadas en la definición de la aptitud con la finalidad de identificar aquellas que de mejor manera orientan y fortalecen la toma de decisiones. En esta investigación se realiza una recopilación de diferentes metodologías, luego se concentran y organizan para finalmente realizar un análisis comparativo basado en diferentes indicadores, y así poder sugerir la utilidad de las mismas.

### **Métodos usados para la determinación de la aptitud ecoturística**

La investigación en ecoturismo es restringida. Se han utilizado metodologías de tipo cualitativo y cuantitativo (Creswell, 1994). En ambos casos éstas son, casi en su totalidad, de carácter transversal (Backman y Morais, 2001). La modalidad más aplicada es el estudio de caso cuya aportación principal es la descripción del fenómeno de estudio y su interacción con localidades y poblaciones locales (Ryan, 1995). La

aptitud ecoturística no figura en la literatura como un campo de estudio definido como lo es el ecológico, social o económico; en su lugar existe un número reducido de trabajos (Backman y Morais, 2001). Por tanto, se requiere investigar y fortalecer aspectos prioritarios tales como técnicas y metodologías de cuantificación para medición de efectos y resultados (Buckley, 2009), cuantificación del potencial biofísico de ecosistemas (Senol *et al.*, 2003), así como la incorporación del carácter longitudinal en los estudios, además de una mayor incorporación de tecnologías como los sistemas de información geográfica (GIS) y la modelación analítica, entre otros (Backman y Morais, 2001).

El Cuadro 2.1 presenta una clasificación de diversos estudios encontrados en la literatura sobre aptitud ecoturística, agrupados en métodos cualitativos y cuantitativos. En cada estudio se presenta un resumen del objetivo, el método de colecta de la información, los datos obtenidos, herramientas utilizadas y resultados obtenidos, sus ventajas y desventajas y la referencia del estudio. A continuación se analizan las particularidades de cada uno.

Cuadro 2.1. Métodos para determinar la aptitud de tierras con fines ecoturísticos.

Tipo Cualitativo						
Método y fuente	Objetivo	Datos	Herramientas	Resultados	Ventajas	Desventajas
Inventario de atractivos ecoturísticos. Análisis de demanda. Encuestas. (PRISMA, 2006)	Estimación del potencial de ecoturismo comunitario	Flora, aves, fauna. Rasgos histórico-culturales. Infraestructura	Base de datos documental	Diagnóstico de sitios ecoturísticos en operación y sitios con potencial de desarrollo	Incorpora la valoración económica del servicio de recreación	Complejidad implicada en la valoración económica
Inventario de atractivos ecoturísticos. Entrevistas. (Wyman, 2002)	Plan de manejo ecoturístico	Atracciones naturales y culturales, estudio de mercado	Base de datos documental. GPS. Mapas	Mapas. Estrategias de promoción. Prioridades de desarrollo	Análisis de la situación global	Necesidad de gran cantidad de información

Continúa...

Continuación Cuadro 1. Tipo Cualitativo						
Método y fuente	Objetivo	Datos	Herramientas	Resultados	Ventajas	Desventajas
Inventario de atractivos ecoturísticos. Recorridos. Entrevistas. Encuestas. (CANTUR, 2004)	Evaluación del potencial ecoturístico	Flora fauna. Datos ambientales y socioeconómicos	Base de datos documental	Identificación de atractivos naturales para fines ecoturísticos	Constitución de base de datos de imágenes	El análisis se limita solo a los senderos ya establecidos
Inventario de atractivos ecoturísticos. Encuestas. (Fundación Naturaleza Para el Futuro, 2002)	Evaluación del potencial ecoturístico	Atractivos naturales, patrimoniales y culturales	Sistema de clasificación de atractivos	Conformación de productos ecoturísticos	Clasificación detallada de atractivos ecoturísticos	Necesidad de gran cantidad de información
Inventario de atractivos ecoturísticos. Análisis descriptivo de información socioeconómica. (OEA, 2005)	Evaluación del potencial ecoturístico	Información socioeconómica	Zonificación	Identificación de rutas ecoturísticas	Análisis de la situación global. Recomendaciones para desarrollo	Se da mayor importancia a elementos socioeconómicos que a los naturales
Inventario de atractivos ecoturísticos. Recorridos. Entrevistas. Análisis descriptivo. (Lara-M., 1999)	Determinación de la potencialidad ecoturística	Información socioeconómica. Normatividad	Base de datos documental	Propuesta de gestión de turismo	Método sencillo y práctico	Descripción muy general de los aspectos involucrados en el análisis
Inventario de atractivos ecoturísticos. Definición de actividades y requerimientos geográficos. Zonificación. (CPDM, 2002)	Evaluación del potencial para turismo alternativo	Cartografía temática. Información socioeconómica y cultural	Base de datos SIG	Mapas por actividad turística y por temporada (lluvias y seca)	Hay una zonificación en base a requerimientos geográficos	La zonificación es muy general
Inventario de atractivos ecoturísticos. Descripción. Análisis. (Zimmer y Grassman, 1997)	Evaluación del potencial turístico de un territorio	Información socioeconómica y cultural.	Registro y descripción a detalle. Análisis descriptivo	Criterios para determinación de potencial para ecoturismo	Marco de análisis amplio y detallado	El nivel de detalle reduce la posibilidad de su aplicación integral
Inventario de atractivos ecoturísticos. Análisis cualitativo. Entrevistas. Recorridos de campo. (Ozcan <i>et al.</i> , 2009)	Determinación del potencial ecoturístico	Información temática, imágenes de satélite, fotografía aérea	SIG (sobreposición de mapas)	Delimitación de áreas con potencial ecoturístico	Uso de muchos elementos técnicos para conformación de zonas	Uso escaso de elementos técnicos para determinación de aptitud
Inventario de atractivos ecoturísticos. Definición de alternativas y factores: Ambiente, cultura, social, económico. (Hernández-S. <i>et al.</i> , 2007)	Evaluación del potencial de turismo alternativo	Información geográfica y estadística	Base de datos documental	Identificación de alternativas aptas para turismo	Incorporación de análisis FODA como herramienta de apoyo	Marco de análisis demasiado amplio y por tanto muy general
Inventario de atractivos. Encuestas. Recorridos de campo. (IICA, 2006)	Plan de desarrollo ecoturístico	Información de oferta, demanda, infraestructura, servicios, competencia, tendencias	Descripción. Análisis. Metodología FODA	Plan de desarrollo turístico	Incorporación del enfoque de caracterización territorial multidimensional	La definición de turismo rural planteada para la determinación de aptitud es muy amplia
Generación de facetas y mapa de uso de suelo. Determinación de características por muestreo. Inventario de atractivos ecoturísticos. Entrevistas. (Gulink <i>et al.</i> , 2001)	Determinar el potencial ecoturístico para una región	Fotografía aérea, imágenes de satélite. Muestreo en facetas para determinar características	SIG. Análisis espacial.	Zonas y rutas con rasgos de paisaje más interesantes	Conformación de unidades homogéneas de suelo para la determinación de aptitud	El análisis de las unidades de suelo es de carácter muy general

Continúa...

Continuación Cuadro 1. Tipo Cuantitativo						
Método	Objetivo	Datos	Herramientas	Resultados	Ventajas	Desventajas
Conformación de unidades de mapeo y evaluación de sus características. Aplicación de modelo. (Senol <i>et al.</i> , 2003)	Evaluación del potencial de uso de suelo para uso urbano, agrícola y forestal-recreativo	Cartografía temática. Mapas de uso de suelo. Definición de requerimientos de tipos de uso de suelo.	SIG. Modelos matemáticos. Sistema de evaluación (software)	Mapas de unidades de suelo. Mapas de aptitud para tipos de uso de suelo	Empleo de modelo matemático	La aptitud para el uso de suelo de recreación es un valor muy general
Delimitación de zonas. Clasificación de criterios y subcriterios. Evaluación de zonas en base a criterios. (Nouri <i>et al.</i> , 2008)	Evaluación del potencial ecoturístico	Cartografía, imágenes de satélite y fotografía aérea	Escala de valores para criterios y subcriterios. SIG (análisis espacial)	Registro de puntuación de cada zona. Mapas de aptitud para ecoturismo	Método sencillo para la obtención de valores de aptitud	El valor de aptitud es un valor general para ecoturismo
Encuesta. Determinación de variables. Identificación de áreas con características adecuadas. (González-Guillén <i>et al.</i> , 1996)	Definición de áreas con potencialidad recreativa	Datos de encuesta. Base de datos de características de áreas forestales	Análisis de componentes principales	Identificación de áreas con características adecuadas para uso recreativo	Alta precisión en la definición de cualidades de áreas para uso recreativo	Necesidad de bases de datos con información a gran detalle
Medición de variables forestales. Encuesta. (Pérez-Verdín <i>et al.</i> , 2008)	Definición de áreas con potencialidad recreativa	Datos de encuesta. Valores de variables forestales medidas	Análisis cluster	Definición de preferencias para recreación. Mapas de zonas de recreación	Alta precisión en la definición de cualidades de áreas para uso recreativo	Necesidad de medición detallada de variables para determinación de preferencias
Inventario. Definición de tipos de uso de suelo. Análisis de interrelación entre recursos y tipos de uso de suelo (énfasis en requerimientos e impactos). (Senes y Toccolini, 1998)	Identificación de áreas para usos de suelo residencial, industrial, agrícola y recreacional	Información temática	Cuadros comparativos. SIG (análisis espacial)	Mapas de áreas de asignación de usos de suelo	El análisis es en base a las características de las zonas y el impacto de los usos de suelo	El análisis solo determina si es posible o no un determinado uso de suelo
Definición de componentes naturales (vegetación, fauna, suelo y paisaje). Medición de parámetros. (Ramírez-Sanz <i>et al.</i> , 2000)	Determinación de valor natural y estado de conservación en áreas	Información temática. Medición de diversas variables de carácter natural.	Modelos. SIG.	Mapas de clasificación del territorio. Mapas de categorías de protección	Medición de la condición natural a través de variables	Reducido número de características para la valoración
Medición de características físicas en bosques. Encuesta. Generación de modelo de estimación. (Ying-Hung, 1996)	Evaluación de belleza escénica	Datos de características físicas de áreas forestales. Datos de encuesta	Análisis estadístico. Modelación	Modelo de estimación de belleza escénica en función de manejo forestal	Medición de la belleza escénica en base a valores cuantitativos	La belleza escénica es un aspecto muy limitado en relación a la aptitud ecoturística
Delimitación de zonas. Medición de variables. Identificación de clases de recreación. Forest Service. (USDA, 1982)	Definición de oportunidades de recreación en áreas forestales	Datos de variables de aspectos naturales	Definición de clases de recreación. SIG	Zonificación de áreas para oportunidades de recreación	Uso de clases definidas de manera permanente	Necesidad de información a gran detalle
Inventario de atractivos. Definición de criterios y variables. Determinación de valores de ponderación. Evaluación multicriterio. (Franco-Maass, <i>et al.</i> , 2009)	Evaluación de recursos turísticos potenciales y consolidados	Datos de inventario. Valores de variables y de ponderación	Inventario. EMC (Combinación lineal ponderada)	Evaluación de los recursos ecoturísticos presentes en una zona	Valor cuantitativo sobre el estado de cada recurso independiente	El valor representa únicamente el estado actual del recurso

Continúa...

Continuación Cuadro 1. Tipo Cuantitativo						
Método	Objetivo	Datos	Herramientas	Resultados	Ventajas	Desventajas
Establecimiento de actividades alternativas. Definición de requerimientos, criterios y valores de ponderación. (Kenan, 2006)	Identificación de actividades ecoturísticas adecuadas	VARIABLES correspondientes a criterios y valores de ponderación.	EMC (Electre)	Valor de preferencia para actividades propuestas	Proceso sencillo y de rápida aplicación	La elección de la actividad esta en función únicamente del posible impacto al medio
Definición de criterios, variables y valores de ponderación. Definición de alternativas. Funciones de preferencia. (Blancas-Peral <i>et al.</i> , 2009)	Identificación de zonas prioritarias para desarrollo de actividades turísticas	Datos estadísticos de variables involucradas	EMC (Proceso jerárquico analítico y Promethee para ponderación y jerarquización respectivamente)	Jerarquía de alternativas	Metodología específica para toma de decisiones	Necesidad de datos de carácter muy específico
Definición de criterios y variables. Ajuste de funciones de pertenencia borrosa. Ponderación. (Marin-Yaseli y Nogués-Bravo, 2001)	Determinación de índice de potencialidad turística en el medio natural	Información temática. Juicios de valor (especialistas)	Funciones de pertenencia borrosa. EMC (Combinación lineal ponderada). SIG	Mapa de índice de potencialidad turística	Metodología específica para toma de decisiones	Número reducido de variables
Definición de criterios, factores y variables y valores de ponderación para aptitud, impacto y restricciones. (Luque-Gil, 2003)	Determinación de la capacidad del territorio para actividades turístico-deportivas	Información temática. Juicios de valor (especialistas)	EMC. SIG	Mapa de capacidad para el desarrollo de actividades	Mucha precisión en la determinación	Se trata de un modelo teórico
Inventario de atractivos. División territorial. Jerarquización. Categorización. Cuantificación. Ponderación. (López-Olivares, 2001)	Determinación del potencial de turismo rural	Datos de inventario. Escala de jerarquización y de categorización	Metodología de inventario. Sistema de categorización y jerarquización de recursos.	Mapa del potencial de turismo rural por división territorial	Proceso de aplicación rápida y sencilla	No se toma en cuenta condiciones del medio
Definición de especies de interés. Definición de criterios para evaluación. Asignación de valores. Ponderación de valores. (Berovides-Alvarez, 2000)	Valoración de fauna para ecoturismo	Información biológica de especies. Información temática. Criterios y valores de ponderación	SIG	Valores de potencialidad para fauna	Método sin procedimientos complejos	Necesidad de información muy específica
Diseño de cuestionario. Aplicación de encuesta. Análisis estadístico. (Loubser <i>et al.</i> , 2001)	Valoración de herpetofauna para ecoturismo	Datos de cuestionario	Encuesta. Análisis estadístico	Criterios sobre importancia de herpetofauna	Método sin procedimientos complejos	Se trata de un análisis exploratorio
Identificación de temas de paisaje. Clasificación en base a criterios. Asignación de valores. (Galliano y Loeffler, 2000)	Valoración de belleza escénica	Información temática. Inventario. Valores de clasificación	Técnica de inventario. SIG. Sistema de clasificación	Mapa de categorías de belleza escénica	Aporta elementos para cuantificar un aspecto subjetivo	Necesidad de información detallada
Modelo de preferencias escénicas. Mapeo de preferencias. Inventario de puntos de observación. Mapeo de exposición visual. (Preston, 2001)	Valoración de amenidad escénica	Datos de encuesta. Información temática. Datos de inventario.	Encuesta. Inventario. Análisis estadístico. SIG	Mapa de amenidad escénica	Aporta elementos para cuantificar un aspecto subjetivo	Necesidad de información detallada

### **2.4.1 Determinación de la aptitud ecoturística: *Métodos cualitativos***

Dentro del contexto de este trabajo, los métodos cualitativos pretenden la emisión de un juicio de presencia/ausencia de aptitud con respecto a un área de interés. Se apoyan básicamente en información de un inventario de atractivos de interés ecoturístico que contempla aspectos como vegetación, fauna, cuerpos o corrientes de agua, entre otros. Se complementan con información social, económica o de infraestructura que en opinión del investigador pudieran aportar elementos para reforzar tal juicio. Los elementos considerados tanto en el inventario como en la información complementaria dependen generalmente del criterio de cada investigador y son analizados en forma descriptiva para la emisión del juicio.

Zimmer y Grassman (1997) plantean una propuesta para determinar la aptitud ecoturística que puede ser tomada como guía debido a la amplitud de aspectos que consideran: Un inventario de atractivos, oferta y demanda turística, competencia, tendencias de mercado, fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, entre otros. Los métodos aplicados en los trabajos clasificados como cualitativos difieren entre sí en la cantidad de elementos que consideran con respecto a la propuesta de Zimmer y Grassman -la más extensa de todas-. Por tanto, en este estudio sólo se resaltarán aquellos elementos que no estén presentes en la propuesta mencionada.

Uno de los elementos importantes a considerar es la incorporación de un sistema de jerarquías de acuerdo a la importancia de los atractivos y un criterio de jerarquía potencial en base a su condición, cuya finalidad es incorporar información que aporte

mayor sustento al análisis de información (Fundación Naturaleza para el Futuro, 2002). Otro elemento es el concepto de planificación participativa como elemento operativo para la gestión del patrimonio natural y cultural de las comunidades (Hernández-S. *et al.*, 2007). Finalmente, un elemento más elaborado es un proceso que involucra la localización, caracterización y zonificación de áreas de interés a través de cartografía temática (características fisiográficas e información socioeconómica), el cual enmarca la definición de los tipos de turismo de interés (ecoturismo, turismo rural y de aventura) y acota para cada tipo las actividades importantes, determinando para cada una, aunque de manera general, los atributos geográficos requeridos para su práctica.

#### **2.4.2 Determinación de la aptitud ecoturística: *Métodos cuantitativos***

La característica fundamental en estos métodos es el cálculo de un valor de aptitud que califica a un espacio específico en base a sus cualidades para acoger un desarrollo ecoturístico, cualidades que son medidas a través de la cuantificación de variables. Existen tres aspectos fundamentales que marcan la esencia de los métodos y que a su vez diferencian a cada uno de ellos, estos aspectos son: (1) Tipo de objetivo; (2) Escala empleada y (3) Tamaño de la unidad espacial de análisis. A continuación se analiza cada uno.

##### 1) Tipo de objetivo

Este aspecto enmarca la diversidad de enfoques con que se aborda el análisis de la aptitud. Es un indicador de la cantidad de elementos que se conjugan para definir si un

lugar es apto o no para el desarrollo de la actividad ecoturística. Entre los diferentes objetivos figuran:

**(a) Evaluación de las características del suelo.** Se enfoca a comparar las características del suelo con las requeridas para el desarrollo del uso ecoturístico (Luque-Gil, 2003; Marín-Yaseli y Nogués-Bravo, 2001) o de una serie de usos donde se incluye al ecoturístico (Senes y Toccolini, 1998; Senol *et al.*, 2003);

**(b) Cuantificación de elementos de interés ecoturístico.** Identifica elementos o criterios de interés a los que se asocia un valor en función de sus características y condición y que en conjunto determinan un nivel de aptitud (Blancas-Peral *et al.*, 2009; López-Olivares, 2001; Nouri *et al.*, 2008);

**(c) Determinación de aptitud ecoturística de cada recurso.** Consiste en identificar atractivos de interés y determinar para cada uno un valor de aptitud para obtener una jerarquía (Franco-Maass *et al.*, 2009);

**(d) Identificación de rasgos del entorno a través de preferencias de ecoturistas.** Explora las preferencias de las personas con respecto a las cualidades del entorno para identificar escenarios de recreación (González-Guillén *et al.*, 1996; Pérez-Verdín *et al.*, 2008);

**(e) Selección de actividades ecoturísticas.** Analiza con base a una serie de criterios, las actividades que pueden ser desarrolladas en un lugar (Kenan, 2006);

**(f) Estudio de la belleza de los paisajes.** Valora la belleza escénica (Ying-Hung, 1996; Galliano y Loeffler, 2000) y amenidad escénica (Preston, 2001);

**(g) Determinación del valor natural y estado de conservación.** Su propósito es determinar la condición de un espacio a través de sus características naturales (Ramírez-Sanz *et al.*, 2000); y

**(h) Valoración del potencial de la fauna.** Evalúa la fauna silvestre con fines ecoturísticos (Berovides-Alvarez, 2000; Loubser *et al.*, 2001).

## 2) Escala empleada

El análisis para determinar la aptitud involucra variables que son medidas en escalas desde la nominal hasta la de proporción (Prakash, 2003). La escala empleada tiene implicaciones en el proceso desarrollado y es un indicador de la cantidad y calidad de información, así como de la confiabilidad del método (Said-Infante y Zárate-De Lara, 1984). Con base a esta consideración, otro aspecto de diferenciación de los métodos es el tipo de escala empleada; a continuación se describe cada una:

**(a) Escala nominal.** En esta escala los valores corresponden a categorías y lo único que puede decirse de un valor es a qué categoría pertenece (Said-Infante y Zárate-De Lara, 1984). Los métodos en este apartado eligen los rasgos críticos (por ej., agua, suelo, uso de suelo, vegetación, fauna, topoformas, estructura de vegetación, caminos, entre otros) respecto a la aptitud, se establecen clases al interior de ellos y se combinan entre sí para generar categorías de aptitud de uso de suelo: Por ej., compatible o no compatible (Senes y Toccolini, 1998) o categorías de belleza escénica (Galliano y Loeffler, 2000).

**(b) Escala de intervalo.** La escala de intervalo está conformada por valores que guardan un orden definido y cuya distancia entre sí está claramente determinada y es equidistante (Said-Infante y Zárate-De Lara, 1984). Los métodos en este apartado consisten en identificar recursos como naturales-paisajísticos; histórico-monumentales, etnológicos y artísticos; artesanales y gastronómicos; folklor, fiestas y eventos (López-Olivares, 2001); criterios como antecedentes de protección y factores de riesgo; recursos de recreación, estéticos, facilidades de turismo e históricos (Nouri *et al.*, 2008); aspectos como hábitat, endemismo, detectabilidad, abundancia, hábito, estacionalidad, adaptación, situación, valor etnozoológico, valor sistemático (Berovides-Alvarez, 2000). Cada elemento se califica de acuerdo a un sistema de clasificación y el valor de aptitud o potencialidad se obtiene con la suma de los valores de los elementos de acuerdo a las reglas del sistema de evaluación.

**(c) Escala de proporción.** Esta escala presenta las características de la escala de intervalo pero como rasgo distintivo incluye un valor cero real, lo que permite que la obtención de proporciones y cocientes tengan sentido (Said-Infante y Zárate-De Lara, 1984). En este apartado, uno de los métodos establece los usos de suelo urbano, reforestación-recreación, agrícola, y establece los indicadores de drenaje, profundidad, pendiente, pedregosidad, material parental y aspecto con respecto al suelo; a estos indicadores se les asigna un valor de aptitud con respecto a los usos del suelo y se aplica un modelo matemático para la obtención de un valor final de aptitud (Senol *et al.*, 2003).

Por otro lado, un grupo importante de métodos usa la evaluación multicriterio para obtener el valor final de aptitud. Ésta se basa en el establecimiento y la evaluación de un modelo de aptitud a través de la definición de criterios, variables, valores de ponderación y en la aplicación de una técnica de síntesis específica -regla de decisión-. Entre los criterios o variables usados por los métodos están: Intensidad de alojamiento, oferta turística, equipamiento, bienes culturales y espacios naturales protegidos (Blancas-Peral *et al.*, 2009), cobertura, condición de terreno, características, atractivo adicional, acceso físico, posibilidades de apreciación, infraestructura, servicios, seguridad (Franco-Maass *et al.*, 2009), elementos ecológicos, sociales y económicos (Kenan, 2006), rango altitudinal, distancia a cuerpos de agua y vegetación (Marín-Yaseli y Nogués-Bravo, 2001). Entre las técnicas aplicadas por los métodos se encuentran el Proceso Jerárquico Analítico (AHP por sus siglas en inglés), Promethee, Electre y Combinación Lineal Ponderada.

Otros métodos aplican encuestas, análisis estadísticos o modelación sobre aspectos como fisiografía, hidrología, vegetación, fauna, condiciones ambientales, preferencias de los visitantes, características de áreas recreativas, información socioeconómica (González-Guillén *et al.*, 1996; Pérez-Verdín *et al.*, 2008), características de los espacios (por ej., suelo desnudo, troncos de árboles, ramas y follaje, penetración visual), características emocionales de los visitantes con respecto al paisaje (*i.e.*, coherencia, legibilidad, complejidad, curiosidad) (Ying-Hung, 1996), preferencia de escenarios, respuesta emocional, rasgos de mayor interés, sensaciones percibidas a partir de imágenes (Preston, 2001), valor natural y estado de conservación de los principales recursos (por ej., vegetación, fauna, paisaje y suelo) (Ramírez-Sanz *et al.*, 2000),

características de fauna local, interés de visitantes, encuentros con especies, reacciones durante visitas, disponibilidad de información, otros (Loubser *et al.*, 2001).

Finalmente, Luque-Gil (2003) realiza una propuesta metodológica que hace énfasis en la delimitación exacta de cada actividad ecoturística y los requerimientos específicos para su desarrollo como punto de partida para la aplicación de la metodología de evaluación multicriterio.

### 3) Tamaño de la unidad espacial de análisis

Este aspecto hace referencia al hecho de que un espacio geográfico al que se le atribuyen características definidas se convierte en una unidad espacial (de tamaño variable) sobre la que opera el análisis de aptitud, así en los métodos revisados (Cuadro 1), tal aspecto se aborda en dos formas: (a) Conformación de unidades espaciales homogéneas (en formato vectorial de datos espaciales) previo al análisis de aptitud (Blancas-Peral *et al.*, 2009; Galliano y Loeffler, 2000; González-Guillén *et al.*, 1996; López-Olivares, 2001; Nouri *et al.*, 2008; Pérez-Verdín *et al.*, 2008; Preston, 2001; Senes y Toccolini, 1998; Ying-Hung, 1996); y (b) La unidad espacial corresponde a cada celda de información temática (en formato raster de un SIG) correspondiente al área de estudio sobre la que opera el análisis de aptitud (Marín-Yaseli y Nogués-Bravo, 2001; Ramírez-Sanz *et al.*, 2000). Tal aspecto es relevante ya que tiene implicaciones sobre la intensidad de uso de herramientas como los SIG, así como en la capacidad de procesamiento ante una eventual automatización de los métodos.

## 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los métodos cualitativos revisados (Cuadro 1) para determinar aptitud ecoturística, se basan fundamentalmente en el inventario de recursos naturales y culturales de interés para el ecoturismo y en la consideración de información adicional respecto a población, educación, seguridad social, vías de comunicación, comercio, etc. Un método sobresaliente es el presentado por CPDM (2002), el cual, a diferencia de los demás, delimita las actividades de interés por tipo de turismo abordado definiendo para cada una los requerimientos ambientales para su desarrollo y permitiendo que dichos requerimientos sean ubicados en cartografía. La desventaja del método es solo permitir identificar zonas aptas y no aptas debido a que la modelación se basa en la presencia/ausencia de requerimientos -criterios-. En general, los métodos cualitativos presentan la seria desventaja de que el tratamiento de la información, así como de los resultados obtenidos dependen del criterio del investigador lo que lleva inmerso un alto grado de subjetividad, por tal razón su uso solo se sugiere en casos en que la información disponible sea muy limitada o donde el objetivo del estudio sea genérico.

En cuanto a métodos cuantitativos (Cuadro 2.1), éstos presentan una gran diversidad de enfoques, reflejo de los objetivos establecidos para abordar la aptitud. En tal diversidad se consideran diferentes aspectos como: Características del suelo, atractivos de interés, rasgos del entorno a través de preferencias de visitantes, características individuales de atractivos, impacto de actividades ecoturísticas, belleza escénica, amenidad escénica, valor natural y estado de conservación de elementos naturales, características de la fauna, potencial visual, calidad de paisaje, entre otros. Cada

aspecto es abordado con un método particular que realiza la evaluación a través de la medición de indicadores como: Suelo, vegetación, fauna, fisiografía, hidrología, topografía, geología, manifestaciones humanas, etc. Aún cuando los métodos pueden coincidir en el uso de uno o varios de los indicadores mencionados, son de naturaleza diferente. Una seria limitación en los estudios -y en consecuencia en sus métodos- es el considerar solo aspectos aislados para determinar aptitud dejando de lado que es la interacción de múltiples elementos los que determinan una condición particular del ambiente y por ende su aptitud ecoturística (Berovides-Alvarez, 2000; Galliano y Loeffler, 2000; Loubser *et al.*, 2001; Preston, 2001).

Una debilidad importante de considerar en algunos métodos es su enfoque sobre ecoturismo como concepto genérico sin hacer énfasis en que tiene facetas con características distinguibles como serían los tipos de actividades que contempla, generando, en consecuencia, resultados de carácter muy general. En un nivel intermedio sobre el mismo aspecto, se encuentran los métodos cuyo enfoque es definir como punto de partida un “uso de suelo” sobre el cual comienzan a contrastarse condiciones existentes contra aquellas necesarias para un uso determinado, entre ellos el ecoturístico (Marín-Yaseli y Nogués-Bravo, 2001; Senes y Toccolini, 1998; Senol *et al.*, 2003); con la mayor fortaleza se encuentran los métodos que parten de definir actividades ecoturísticas específicas lo cual permite analizar condiciones especiales para actividades definidas; sin embargo, tal enfoque se encuentra solo en propuesta metodológica (Luque-Gil, 2003).

Otro rasgo de importancia en el método es la escala de medición empleada ya que ésta confiere mayor o menor cantidad de información; así los métodos más fuertes en estos términos son aquellos que utilizan la escala de proporción y se vuelven más débiles conforme se desplazan a la nominal (ver clasificación en apartado “Escala empleada” en la sección de Métodos Cuantitativos).

Pero en definitiva, el aspecto crucial en el método es la herramienta de análisis empleada ya que es la que proporciona mayor o menor certidumbre en los resultados obtenidos, mismos que serán el soporte para la toma de decisiones; así pueden observarse métodos que van desde el empleo de sencillos análisis numéricos en la escala nominal (Galliano y Loeffler, 2000) hasta poderosas herramientas estadísticas y analíticas en la escala de proporción (González-Guillén *et al.*, 1996, Pérez-Verdín *et al.*, 2008; Luque-Gil, 2003; Marín-Yaseli y Nogués-Bravo, 2001). Este último tipo de métodos son los deseables para abordar el problema de estudio; sin embargo, a pesar de su gran ventaja (mayor objetividad, precisión, confiabilidad, etc.) presentan una enorme desventaja que limita su potencial, incluso hasta su aplicación, ya que requiere de gran cantidad de información necesaria para su implementación, tanto como su calidad; ambos aspectos no siempre están disponibles.

En el caso de métodos que utilizan herramientas analíticas cabe destacar que incorporan procesos específicos en el contexto de apoyo a la toma de decisiones (p.ej., la evaluación multicriterio) y entre cuyas cualidades está el permitir: a) el estudio de características tanto cualitativas como cuantitativas; b) la generación de un modelo de la realidad tan detallado como información se disponga; c) un alto grado de integración

con herramientas SIG para el análisis espacial; y d) generar un gradiente de aptitud que identifica a cada espacio geográfico. Este tipo de métodos (Luque-Gil, 2003) es el más adecuado para abordar el estudio de aptitud ecoturística. Métodos similares han sido aplicados con éxito en procesos de toma de decisiones relacionados al sector forestal (Olivas-Gallegos *et al.*, 2007; Bustillos-Herrera *et al.*, 2007).

Una debilidad generalizada en los métodos es la consideración de información de índole social como antecedentes de protección, accesibilidad, facilidades turísticas, fragilidad ecológica, factores de riesgo, elementos discordantes, situación legal de áreas, gustos y preferencias, sensaciones percibidas, respuesta emocional, entre otras, pero solo con carácter informativo y no desde la perspectiva de análisis de la dinámica social como componente determinante en el éxito de una iniciativa de ecoturismo.

Finalmente, es importante resaltar el cambio en la tendencia de investigación en ecoturismo de un carácter exploratorio y descriptivo a aquella encaminada a la cuantificación del potencial biofísico de los ecosistemas (Senol *et al.*, 2003). Así mismo, se observa un importante avance en la inclusión de herramientas estadísticas y analíticas (evaluación multicriterio) que dan soporte confiable al proceso de toma de decisiones (Lindberg *et al.*, 1996) al disminuir la incertidumbre asociada a los resultados.

## **2.6 CONCLUSIONES**

El manejo de los recursos naturales exige un cuidadoso y eficiente uso de la tierra, para ello es necesario conocer el grado de compatibilidad (aptitud) entre las condiciones de un espacio y los requerimientos de una actividad -ecoturismo para el interés del

presente trabajo- que se pretenda implementar. Así, se han desarrollado métodos para la medición de tal compatibilidad, éstos pueden clasificarse en cualitativos que determinan un valor binario, ausencia/presencia, de aptitud ecoturística basados primordialmente en la descripción de información del área de interés, y los cuantitativos que utilizan herramientas numéricas, estadísticas o analíticas para la medición de cualidades del ambiente (suelo, vegetación, fauna, topografía, hidrografía, etc.) y en consecuencia la obtención de aptitud. En particular, los métodos que utilizan herramientas analíticas (evaluación multicriterio) determinan un valor de aptitud que sintetiza a través de las cualidades, criterios y preferencias la condición particular de un espacio para alojar una actividad particular bajo un proceso objetivo, preciso y confiable; por sus características, este tipo de métodos son los deseables para abordar la aptitud ecoturística bajo la premisa de que información confiable es condición indispensable para la toma de decisiones en los procesos de planeación.

## **2.7 LITERATURA CITADA**

- Backman, K. F., & Morais, D. B. (2001). Methodological approaches used in the literature. In D.B. Weaver (Ed.), *Encyclopedia of Ecotourism*. (pp. 597-609). USA: CABI Publishing.
- Berovides-Alvarez, V. (2000). Método de valoración de la fauna para el ecoturismo. *Revista Biología*, 14(2), 108-113.
- Blancas-Peral, F. J., Guerrero-Casas, F. M., & Lozano-Oyola, M. (2009). La localización espacial en la planificación del turismo rural en Andalucía: Un enfoque multicriterio. *Revista de Estudios Regionales*, 48, 83-113.
- Buckley, R. (2009). Evaluating the net effects of ecotourism on the environment: A framework, first assessment and future research. *Journal of Sustainable Tourism*, 17(6), 643–672.

- Bustillos-Herrera, J. A., Valdez-Lazalde, J. R., Aldrete, A., & González-Guillén, M. de J. (2007). Aptitud de terrenos para plantaciones de eucalipto: Definición mediante el proceso de análisis jerarquizado y SIG. *Agrociencia*, 41(7), 787-796.
- CANTUR. (2004). Potencial para el ecoturismo de la cooperativa Lina Herrera, comarca el Gobiado, Departamento de Jinotega, Nicaragua. Nicaragua: Cámara Nicaragüense de la pequeña y mediana industria turística.
- CPDM. (2002). Análisis del potencial turístico de 10 municipios ubicados en la región de Totonacapan. México: Centro Promotor de Diseño México.
- Creswell, J. W. (1994). *Research design: Qualitative and quantitative approaches*. California, USA: Sage Publications.
- Fennell, D. A. (2001). Areas and needs in ecotourism research. In D. B. Weaver (Ed.), *Encyclopedia of Ecotourism*. (pp. 639-655). USA: CABI Publishing.
- Forest Service. (1982). *ROS User guide*. USA: Forest Service. D. A.
- Franco-Maass, S., Osorio-García, M., Nava-Bernal, G., & Regil-García, H. H. (2009). Evaluación multicriterio de los recursos turísticos. Parque Nacional Nevado de Toluca, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 18, 208-226.
- Fundación Naturaleza Para El Futuro. (2002). Plan de manejo y conservación de los esteros del Iberá. Argentina: Fundación Naturaleza para el Futuro.
- Galliano, S. J. & Loeffler, G. M. (2000). Scenery assessment: Scenic beauty at the ecoregion scale. USA: Forest Service, USDA.
- González-Guillén, M. J., Valdez-Lazalde, J. R., & Velasco-González, C. (1996). Definición de áreas forestales con potencialidad recreativa. *Agrociencia*, 30(1), 129-138.
- Gulink, H., Vyverman, N., Bouchout, K. V., & Gobin, A. (2001). Landscape as framework for integrating local subsistence and ecotourism: A case study in Zimbabwe. *Landscape and Urban Planning*, 53, 173-182.
- Hernández-S., I. P., Jiménez-J., J., Montes-Peña, R., & Jiménez-J., F. (2007). Plan estratégico de turismo para el desarrollo rural sustentable y participativo de la Zona Maya de Quintana Roo. *Ciencias Sociales Online*, IV(2), 139-168. Recuperado de <http://www.uvm.cl/csonline>.
- IICA. (2006). Análisis del potencial del turismo rural en los cantones de Upala, Los Chiles, Guatuso y La Cruz. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Kenan, O. (2006). Multiple criteria activity selection for ecotourism planning in Igneada. *Turk J. Agric For*, 30, 153-164.
- Kimmel, J. R. (1999). Ecotourism as environmental learning. *The Journal of Environmental Education*, 30( 2), 40-44.
- Lara-M., L. C. (1999). El ecoturismo: ¿Una opción para las reservas forestales? caso: Unidad experimental de Caparo. *Revista Forestal Venezolana*, 43(1), 69-78.
- Liebertknecht, K., Papazian, J., & Mcquay, A. (1998). Balancing conservation and economics. *Journal of Sustainable Forestry*, 8(3), 107-106.
- Lindberg, K., Enriquez, J., & Sproule, K. (1996). Ecotourism questioned: Case studies from Belize. *Annals of Tourism Research*, 23(3), 543–562.
- López-Olivares, D. (2001). La evaluación de los recursos territoriales turísticos de las comarcas del interior Castellonense (Comunidad Valenciana). *Investigaciones Geográficas*, 25, 137-157.
- Loubser, G. J. J., Mouton, P. F. N., & Nel, J. A. J. (2001). The ecotourism potential of herpetofauna in the Namaqua National Park, South Africa. *South African Journal of Wildlife Research*, 31(2), 13-23.
- Luque-Gil, A. M. (2003). La evaluación del medio para la práctica de actividades turístico-deportivas en la naturaleza. *Cuadernos de Turismo*, 12, 131-149.
- Marín-Yaseli, M. L., & Nogués-Bravo, D. (2001). La potencialidad turística del medio natural en el lic de las Sierras Ibéricas Riojanas mediante evaluación multicriterio. *Zubía Monográfico*, 13, 227-240.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50, 370-396.
- Nouri, J., Danehkar, A., & Sharifipour, R. (2008). Evaluation of ecotourism potential in the northern coastline of the Persian Gulf. *Env. Geol*, 55, 681–686.
- OEA. (2005). Estudio de diagnóstico de la cuenca del río San Juan y lineamientos del plan de acción. Costa Rica, Nicaragua. Gobierno de Costa Rica, Gobierno de Nicaragua. Recuperado de <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea05s/begin.htm#Contents>
- Olivas-Gallegos, U. E., Valdez-Lazalde, J. R., Aldrete, A., & González-Guillén, M. de J. (2007). Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: Definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30(4), 411-419.

- Ozcan, H., Akbulak, C., Kelkit, A., Tosunoglu, M., & Uysal, I. (2009). Ecotourism potential and management of Cavak Delta (Northwest Turkey). *Journal of Coastal Research*, 25(3), 781-787.
- Pérez-Verdín, G., Lee, M. E., & Chávez, D. J. (2008). Planning forest recreation in natural protected areas of southern Durango, Mexico. *Madera y Bosques*, 14(1), 53-67.
- Prakash, T. N. (2003). Land suitability analysis for agricultural crops: A fuzzy multicriteria decision making approach. Netherlands: Internacional Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC).
- Preston, R. (2001). Scenic amenity Measuring community appreciation of landscape aesthetics at Moggill and Glen Rock. Australia: Department of Natural Resources and Mines Environmental Protection Agency Brisbane.
- PRISMA. (2006). Avanzando hacia el ecoturismo comunitario en la Mancomunidad La Montaña, Chalatenango. San Salvador: Fundación Prisma.
- Ramírez-Sanz, L., Alcalde, T., Cuevas, J. A., Guillén, D. F., & Sastre, P. (2000). A methodology for environmental planning in protected natural areas. *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(6), 785-798.
- Ryan, C. (1995). *Researching tourist satisfaction: Issues, concepts, problems*. London: Routledge.
- Said-Infante, G., & Zárate-De Lara, G. P. (1984). *Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario*. México: Trillas.
- Senes, G., & Toccolini, A. (1998). Sustainable land use planning in protected rural areas in Italy. *Landscape and Urban Planning*, 41(2), 107-117.
- Senol, S., Kilic, S., & Evrendilek, F. (2003). Evaluation of land use potential and suitability of ecosystems in Antakya for reforestation, recreation, arable farming and residence. *Turk J. Agric For*, 27, 15-22.
- Weaver, D. B. (2001). Methodologies, research and resources. In D. B. Weaver (Ed.), *Encyclopedia of Ecotourism*. (pp. 595-596). USA: CABI Publishing.
- Weaver, D. B., & Lawton, L. J. (2007). Twenty years on: The state of contemporary ecotourism research. *Tourism Management*, 28, 1168-1179.
- Wyman, M. S. (2002). *An ecotourism management plan Ejido 20 de Noviembre*. Thesis Master of Science. University of Wisconsin. USA.

- Yilmaz, S., Demircioglu-Yildiz, N., Toy, S., & Irmak, M. A. (2009). The role of climatic elements in public tendency towards alternative tourism: A sample of Turkey. *Atmósfera*, 22(4), 367-374.
- Ying-Hung, L. (1996). An integrated model of scenic beauty assessment for forest management. Ph. D. Dissertation, Clemson University. USA.
- Zimmer, P., & Grassmann, S. (1997). Evaluar el potencial turístico de un territorio. Recuperado de <http://europa.eu.int/comm/archives/leader2/rurales/biblio/touris/metho.pdf>

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CÓMPUTO PARA DETERMINAR APTITUD ECOTURÍSTICA DE ÁREAS FORESTALES<sup>2</sup>**

#### **3.1 RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue diseñar y construir un sistema de cómputo (software) que tiene la finalidad de generar mapas de aptitud ecoturística. Para su creación, se estructuró un modelo conceptual que combina herramientas de evaluación multicriterio y SIG en un ambiente de toma de decisiones; se realizó el diseño del software de acuerdo al modelo conceptual y finalmente el diseño fue codificado en lenguaje de programación Visual Basic<sup>®</sup>. Como información de entrada, el sistema utiliza criterios e indicadores (cartografiables) para el desarrollo adecuado de alguna actividad ecoturística de interés, así como mapas temáticos correspondientes. La información de salida son mapas en formato raster cuyas celdas presentan valores en un gradiente de 0 a 1 representando la aptitud de dicha celda para el desarrollo de la actividad ecoturística evaluada. Este sistema puede ser una herramienta muy valiosa, eficaz y eficiente en el proceso de toma de decisiones y planificación del uso de la tierra.

Palabras Clave: Software, aptitud, SIG, evaluación multicriterio, ecoturismo.

#### **3.2 ABSTRACT**

In this study we generated a methodology for estimating suitability for ecotourism in forest areas throughout outlining and creating a conceptual model which combines tools

---

<sup>2</sup> Artículo en revisión en la Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

of multi-criteria evaluation and GIS in an environment of decision-making. The model was implemented as an information system, coded in the Visual Basic<sup>®</sup> programming language in order to automate the aptitude determination process. As inputs, the system use information, criteria and indicators (cartographical) for the adequate development of any ecotouristic activity, as well as the corresponding thematical maps. The generated product is a map of aptitude values on a gradient from 0 to 1, with respect to the development of the ecotouristic activity in question. This system could be a valuable, efficacious, and efficient tool in the process of decision-making and land use planning.

Keywords: Software, suitability, GIS, multiple criteria evaluation, ecotourism.

### **3.3 INTRODUCCIÓN**

El desarrollo del turismo como actividad recreativa ha crecido vertiginosamente trayendo consigo repercusiones o impactos negativos en los componentes biofísicos, socioeconómicos y ambientales de los diversos ecosistemas en que se desarrolla (Kimmel, 1999). Ante tal situación, han surgido alternativas como el ecoturismo que busca establecer una relación benéfica entre sociedad-naturaleza-comunidad local (Wunder, 1999). En esta relación, la naturaleza brinda servicios de recreación a la sociedad, quién a su vez genera beneficios a las comunidades locales, las cuales se ven motivadas a la conservación de la naturaleza, estableciéndose un círculo virtuoso que perdura en el tiempo (Ceballos-Lascurain, 1998).

Por lo anterior, es de vital importancia que la planificación de una iniciativa de ecoturismo se desarrolle de acuerdo a las aptitudes y capacidades de un ecosistema para albergar cierto tipo de actividad ecoturística (López-Hernández y Treviño-Pérez,

2004). En este proceso de toma de decisiones se requiere de herramientas tanto metodológicas como tecnológicas que permitan contrastar los requerimientos biofísicos, socioeconómicos y ambientales (cartografiables) para el desarrollo adecuado de actividades ecoturísticas con las características de aptitud física del espacio, con el fin de evaluar su compatibilidad.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue diseñar y construir un sistema de cómputo (software) en base a un modelo conceptual que combina herramientas de evaluación multicriterio y SIG con la finalidad de generar mapas con valores de aptitud ecoturística.

## **APTITUD DEL SUELO**

Una adecuada planificación ambiental debe establecer los usos más apropiados para cada área o punto de un territorio en función de las características físicas y biológicas del espacio (Luque-Gil, 2003). Para ello un concepto central es el de “Aptitud”, que es una medida del grado en el cual las cualidades de una unidad de suelo satisfacen los requerimientos de una forma particular de uso, en donde esta correspondencia cualidades-requerimientos determina la habilidad de un tipo de suelo específico para soportar un uso determinado (Gómez-Orea, 2007). La evaluación de la aptitud potencial del suelo es un paso importante para detectar los límites ambientales dentro de la planeación sustentable (Bandyopadhyay *et al.*, 2009) dado que permite guiar las decisiones sobre la utilización del suelo para un uso óptimo de los recursos. Por otra parte, el proceso de clasificación de aptitud del suelo es la evaluación y agrupación de áreas específicas de suelo en términos de su aptitud para un uso definido; por lo común,

el resultado de una evaluación es un mapa que describe la aptitud de un área para un uso particular de interés en donde es posible ubicar los espacios en alguna escala de aptitud como podría ser por ejemplo, apto sin limitaciones, apto con algún tipo de limitación o no apto (Van-Lanen *et al.*, 1992).

Existen algunas herramientas o métodos utilizados en la evaluación de aptitud de la tierra entre los que figuran la “Evaluación del uso de la tierra”, dirigida a la evaluación de los recursos naturales y la regulación de actividades humanas en un espacio (Bojórquez-Tapia *et al.*, 1999) cuyo propósito es identificar la capacidad de una unidad de tierra para alojar un uso con base en requerimientos específicos (tipo de suelo, precipitación, temperatura, otros) (Bustillos-Herrera *et al.*, 2007).

La “Evaluación multicriterio” (EMC) comprende una serie de técnicas enmarcadas en el campo de la teoría de la decisión y cuyo objetivo es asistir a los centros de decisión en la elección de la mejor de una serie de alternativas bajo la presencia de múltiples (varios) criterios, así como de diversa prioridad para alcanzar un objetivo (Malczewski, 1999; Franco-Maass *et al.*, 2009; Elaalem *et al.*, 2010).

Los “Sistemas de Información Geográfica” (SIG) ofrecen capacidades de automatización, almacenamiento, procesamiento, manejo, despliegue y análisis de datos espaciales para el análisis geográfico (Jankowski, 1995; Ceballos-Silva y López-Blanco, 2003).

En este contexto, la EMC y SIG han sido combinadas para la evaluación de un número de alternativas condicionadas por diferentes criterios para la elección de la mejor solución a problemas con respecto al uso de la tierra (Ceballos-Silva y López-Blanco, 2003), convirtiéndose en una poderosa herramienta que facilita la planificación ambiental para el análisis del emplazamiento óptimo para actividades específicas (Ocaña-Ocaña y Galacho-Jiménez, 2002; Ceballos-Silva y López-Blanco, 2003; Fung y Wong, 2007). En ecoturismo, la EMC y SIG se han utilizado para conformar metodologías basadas en la medición de variables y procesos estadísticos para su análisis que permiten caracterizar actividades ecoturísticas de interés a través de criterios naturales, económicos y sociales e indicadores asociados tales como topografía, vegetación, hidrografía, geología, infraestructura, etc., para generar valores de aptitud con fines comparativos (Pérez-Vivar *et al.*, 2011a).

### 3.4 METODOLOGÍA

El diseño y construcción del sistema de cómputo (software) se desarrolló en cuatro fases principales (Figura 3.1), las cuales se describen a continuación:

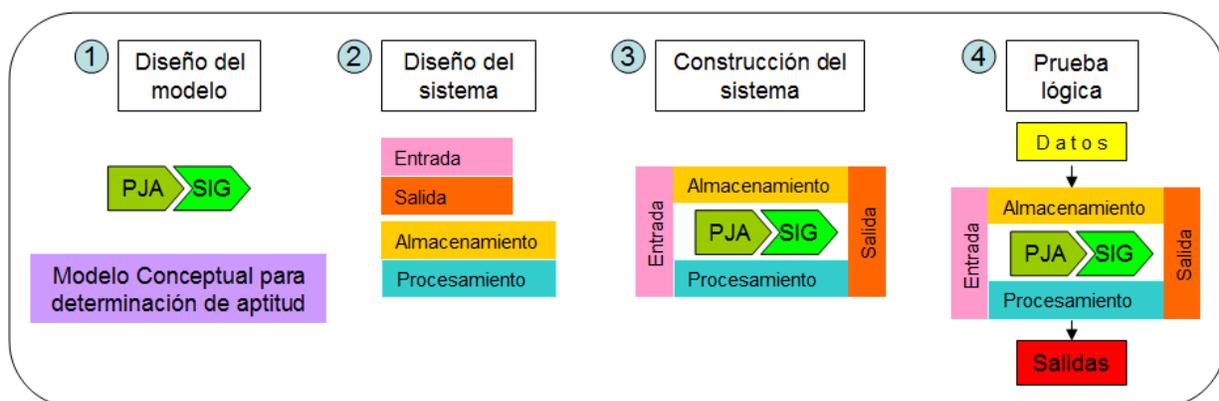


Figura 3.1. Fases que integran la creación del sistema.

**(1) Diseño del modelo conceptual.** Esta fase consiste en la combinación del Proceso Jerárquico Analítico (PJA) (técnica EMC) y de SIG para generar secuencias ordenadas de pasos que conforman entidades destinadas a la entrada de datos, procesamiento de éstos y generación de resultados (valores de aptitud) como producto principal.

**(2) Diseño del sistema de cómputo.** Esta fase se encarga de prever las partes que conformarán al sistema para alojar cada elemento del modelo así como la interacción que habrá entre ellas. Está conformado por los subsistemas de entrada y salida de datos, almacenamiento y procesamiento.

**(3) Construcción del sistema de cómputo.** Esta fase consiste en la generación de módulos de código de software para: Crear cada elemento del sistema; proveer su funcionalidad e implementar las interacciones entre ellos de manera que pueda replicar la funcionalidad prevista en el modelo conceptual.

**(4) Prueba de la lógica de operación.** Esta fase tiene la finalidad de verificar la estructura lógica de operación del sistema; es necesario aclarar que en esta fase solo se comprueba el funcionamiento del sistema a través de una ejecución del proceso de evaluación de aptitud con datos de prueba. Una validación como tal escapa a los alcances del presente documento y será realizada y reportada en un trabajo posterior.

## 3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.5.1 Resultados

#### (1) Modelo conceptual para determinar la aptitud

El modelo está compuesto de tres secciones primordiales (Figura 3.2):

**(a) Datos de entrada.** Se encarga del ingreso de información relacionada a los requerimientos biofísicos, socioeconómicos y ambientales para el desarrollo de una actividad ecoturística, expresada como una jerarquía de criterios junto con sus ponderaciones. El último nivel de jerarquía corresponde a las variables (cartográficas) derivadas de los criterios y expresadas como intervalos asociados a un nivel de aptitud ( $S_1$ = mayor aptitud,...,  $S_n$  = menor aptitud). Dicha información va acompañada de su información temática (en forma de mapas digitales) correspondiente.

**(b) Procesamiento.** Esta sección consta de dos procesos: El primero corresponde a la implementación del PJA para generar valores estandarizados de los mapas temáticos usados en la modelación (Barredo-Cano y Gómez-Delgado, 2006), y a la generación de valores de ponderación para la jerarquía de criterios. Ambos tipos de valores son obtenidos mediante la técnica de comparaciones pareadas utilizando los valores de la Escala Fundamental del PJA (Saaty, 1980) (Cuadro 3.1). Para la estandarización, la estructura de la matriz toma la forma del Cuadro 3.2; para la ponderación, la matriz se modifica colocando en los rótulos (por ej., filas y columnas), el nombre de los criterios o variables en los que se determina el valor de ponderación.

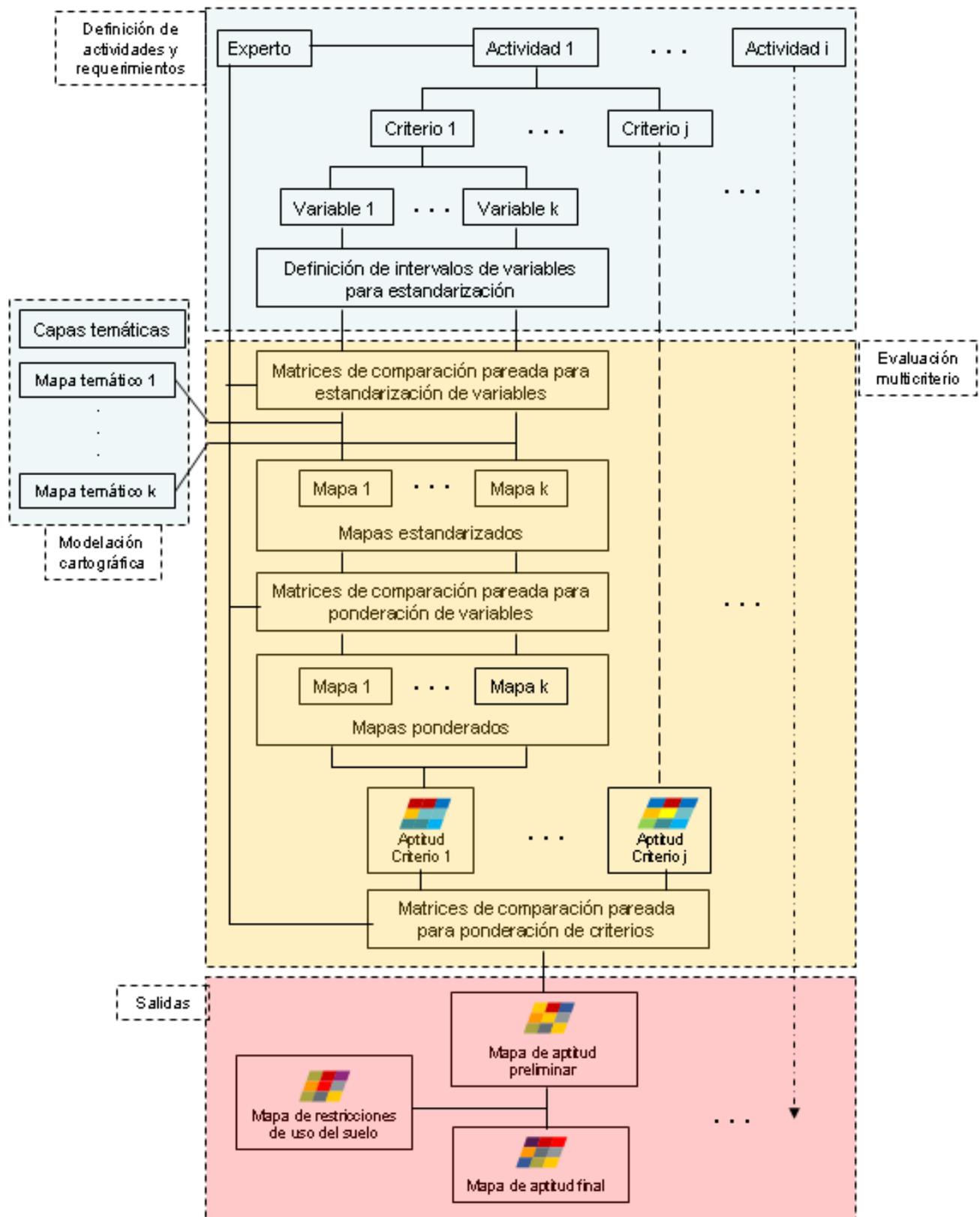


Figura 3.2. Modelo conceptual para la determinación de aptitud para fines ecoturísticos.

Cuadro 3.1. Escala Fundamental del Proceso Analítico Jerarquizado (Saaty, 1980).

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen de igual manera al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio moderadamente a favor de una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio fuertemente a favor de una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte o importancia demostrada	Una actividad es fuertemente favorecida sobre la otra.
9	Extrema importancia	La evidencia favorece una actividad sobre la otra en el orden de afirmación más alto posible.
Recíprocos	Si se asigna $a_{ij}$ al comparar la actividad $i$ con la $j$ , entonces se asigna $a_{ji} = 1/a_{ij}$ al comparar la $j$ con la $i$ . La escala considera valores enteros intermedios (2, 4, 6, 8) los cuales se omiten con fines de simplicidad.	

Cuadro 3.2. Estructura de la matriz de comparaciones pareadas para la obtención de valores de estandarización.

Nivel de aptitud	$S_1$	$S_2$	$S_3$	...	$S_n$	Valor de estandarización
$S_1$	1	$A_{12}$	$A_{13}$	...	$A_{1N}$	$E_1$
$S_2$	$1/A_{12}$	1	$A_{23}$	...	$A_{2N}$	$E_2$
$S_3$	$1/A_{13}$	$1/A_{23}$	1	...	$A_{3N}$	$E_3$
.	.	.	.	1	.	.
$S_N$	$1/A_{1N}$	$1/A_{2N}$	$1/A_{3N}$	...	1	$E_N$

$S_i$  = nivel de aptitud

$N$  = número de niveles

$A_{ij}$  = valor de la escala fundamental del proceso jerárquico analítico

$E_i$  = eigenvalores para estandarización de mapas temáticos

La solución de las matrices permite la obtención del eigenvector principal (Elineema, 2002), que establece los valores estandarizados de cada variable cartográfica o el valor

de ponderación de los criterios, según el caso. La consistencia de las matrices es revisada con el índice de consistencia (IC) a través del eigenvalor máximo ( $\lambda_{max}$ ) que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de criterios/variables (Ecuación 1) (Saaty, 1980):

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \dots(\text{Ec. 1})$$

Donde:  $n$ = el número de criterios o variables empleados en la matriz de comparación.

El valor definitivo a observar es la “Razón de Consistencia” (RC) que es el cociente del valor IC y el Índice Aleatorio (IA) (Cuadro 3.3) (Ecuación 2). Es decir:

$$RC = IC / IA \quad \dots(\text{Ec. 2})$$

Donde:  $RC < 0.10$  indica consistencia aceptable en la matriz y  $RC \geq 0.10$  indica juicios inconsistentes, debiéndose reconsiderar los valores de la matriz de comparación y su solución (Malczewski, 1999).

Cuadro 3.3. Índice aleatorio (IA) para matrices de orden 1 hasta 15. Oak Ridge Nacional Laboratory (Saaty, 1980).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58

IA = Índice de consistencia de una matriz recíproca generada aleatoriamente a partir de una escala de 1 a 9, con juicios de valor recíprocos y diagonal = 1.

N = Orden de la matriz.

El segundo proceso corresponde a la modelación cartográfica (aplicación de una regla de decisión). Este proceso usa los valores generados en el proceso PJA (paso anterior) para combinar los mapas temáticos estandarizados y los mapas ponderados tanto de

variables estandarizadas como de criterios. Finaliza con la síntesis de mapas de aptitud en cada nivel de la jerarquía de criterios desde su nivel inferior hasta el superior (mapa de aptitud preliminar).

**(c) Datos de salida.** Esta sección retoma el mapa de aptitud preliminar y en un paso final de modelación cartográfica lo multiplica con un mapa binario de restricciones de uso de suelo para obtener el mapa de aptitud final para la actividad ecoturística de interés, el cual es reclasificado para obtener un mapa de calificaciones de aptitud.

## (2) Diseño del sistema de cómputo

El diseño del sistema consta de 3 elementos principales (Figura 3.3):

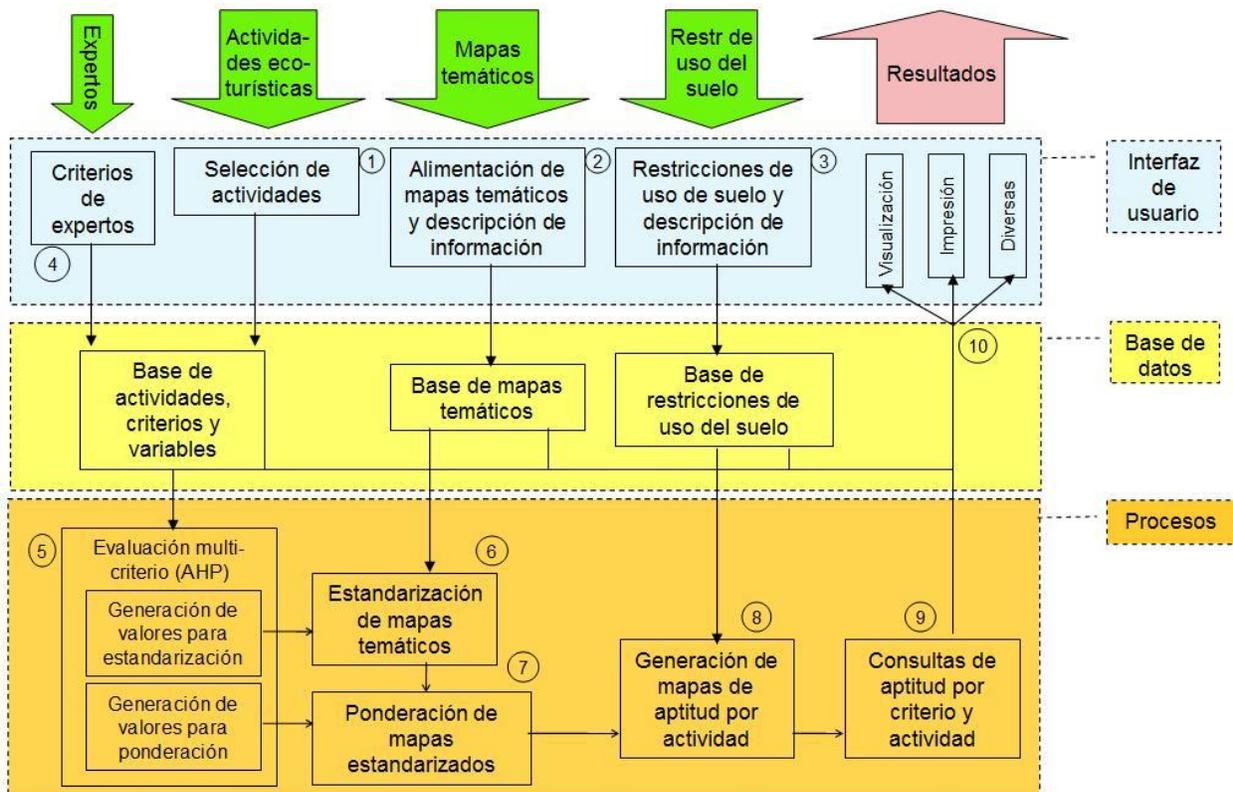


Figura 3.3. Diseño de la aplicación para la determinación de aptitud ecoturística.

**(a) Interfase de usuario.** Este elemento integra las funciones de “entrada y salida de datos” del modelo conceptual. Provee funcionalidad para que el usuario pueda comunicarse con el sistema para: (1) alimentar la información para el proceso; (2) indicar al sistema las tareas a realizar; y (3) desplegar la información resultado del proceso.

**(b) Base de datos.** Es el elemento encargado de almacenar la información necesaria en cuanto a intervalos de las variables para la definición de niveles de aptitud, estructura de criterios, valores de ponderación para variables y criterios, mapas temáticos, etc., necesarios para desarrollar el proceso. Así mismo, es el lugar de almacenamiento de toda la información generada por el proceso.

**(c) Procesos.** Este elemento alberga las rutinas correspondientes tanto a los procesos del PJA (generación de valores para estandarización, ponderación, verificación de consistencia de matrices, etc.) como de modelación cartográfica (estandarización y ponderación de mapas temáticos, síntesis de mapas correspondientes a los niveles de la jerarquía de criterios, generación de mapas de aptitud preliminar y cruzamiento con mapa de restricciones para la generación de un mapa de aptitud final).

### **(3) Construcción del sistema de cómputo**

El sistema (Figura 3.4) se desarrolló en código de lenguaje Visual Basic<sup>®</sup>. Consta de una pantalla inicial que da acceso a las opciones de: (a) Edición de actividades, para definir el área de trabajo y la actividad para la cual se realiza el proceso; (b) Mapas

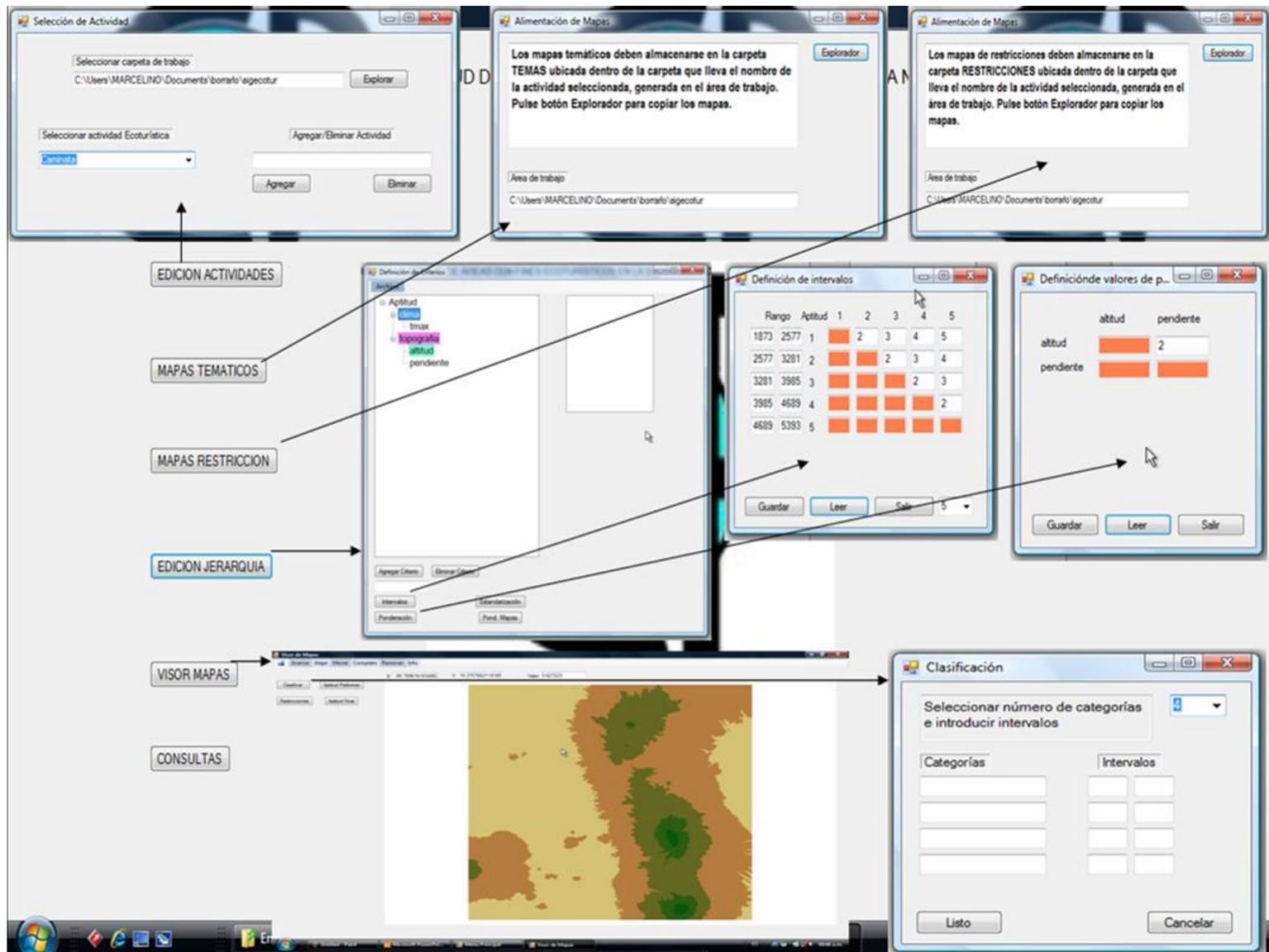


Figura 3.4. Ventanas principales del Sistema del Cómputo para la determinación de aptitud.

temáticos y (c) Mapas de restricción, que invocan al explorador de archivos para ingresar mapas temáticos y de restricciones respectivamente al área de trabajo correspondiente; (d) Edición de la jerarquía, que permite generar la estructura de la jerarquía de criterios y sobre ésta definir tanto niveles de aptitud para variables como valores de ponderación en cada nivel de la jerarquía; también permite la síntesis de mapas a lo largo de la estructura de criterios hasta la obtención del mapa de aptitud preliminar; (e) Visor de Mapas, componente para la visualización de mapas con funcionalidad para la clasificación del mapa de aptitud preliminar en clases específicas de aptitud y cruzamiento de mapas con mapas de restricciones para generación de mapas de aptitud final; (f) Consultas, módulo que permite la revisión de los datos alimentados al sistema con los cuales se desarrolló el proceso de evaluación de aptitud. Los detalles del uso y operación del sistema pueden consultarse en el Manual de Usuario del Sistema (Pérez-Vivar *et al.*, 2011b).

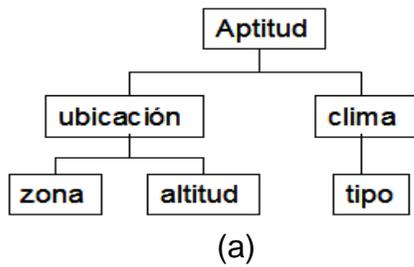
#### **(4) Prueba de la lógica de operación**

Esta sección tiene la finalidad exclusiva de comprobar la lógica de operación del sistema; por tanto, los datos usados cumplen únicamente con la función de “datos de prueba”; una validación con datos reales será desarrollada en un trabajo posterior. El sistema se probó con datos para la actividad ecoturística “Campamento” en una zona de la Sierra Nevada en el oriente del Estado de México; para ello se definió un modelo de aptitud en base a las variables división municipal (zona), intervalos de altitud (altitud) y tipos de clima (tipo) agrupadas en los criterios ubicación y clima (Figura 3.5a). Se definieron datos para matrices de ponderación de criterios (Figura 3.5b) y de niveles de aptitud de variables con matrices para estandarización (Figura 3.5c); finalmente se

incorporó la información temática correspondiente. Una vez definida la información, el sistema: (a) Crea valores de estandarización y reclasifica mapas temáticos para obtener mapas estandarizados (Figura 3.5d); (b) Genera valores de ponderación para crear mapas ponderados, los cuales a su vez dan origen a mapas correspondientes a criterios (Figura 3.5e); (c) Crea valores de ponderación para este nivel de la jerarquía con los cuales se crean los mapas ponderados; dichos mapas dan origen al mapa del nivel inmediato (que para esta simulación corresponde al mapa de aptitud), el cual es reclasificado para obtener el mapa de clases definidas de aptitud (Figura 3.5f); y (d) Cruza el mapa de clases de aptitud con un mapa binario de restricciones de uso de suelo para obtener el mapa definitivo.

### **3.5.2 Discusión**

El presente trabajo plantea la creación de un sistema en el que se define un modelo conceptual de evaluación que es susceptible de ser aplicado a una variedad de situaciones, incluyendo la evaluación de diferentes actividades ecoturísticas. No se dispone de trabajos similares con fines comparativos y los que existen plantean esquemas específicos para situaciones particulares. Un grupo de trabajos hacen uso de alguna técnica de EMC como puede ser la Combinación Lineal Ponderada (CLP) (Franco-Maass *et al.*, 2009), Electre (Kenan, 2006), PJA o Promethee (Blancas-Peral *et al.*, 2009); en un caso, combinan CLP con Lógica Borrosa (Marín-Yaseli y Nogués-Bravo, 2001).



matrices para ponderación de criterios							
aptitud	clima	ubicación	ubicación	altitud	zona	clima	Tipo
clima	1	3	altitud	1	2	tipo	1
ubicación	1/3	1	zona	1/2	1		

matrices para estandarización de variables																					
		Altitud					zona					tipo									
rango	NA	1	2	3	4	5	rango	NA	1	2	3	4	5	rango	NA	1	2	3			
1873	2577	1	1	2	3	4	5	48	64	1	1	3	5	7	9	8	11	1	1	2	4
2577	3281	2	1/2	1	2	3	4	64	80	2	1/3	1	3	5	7	11	14	2	1/2	1	3
3281	3985	3	1/3	1/2	1	2	3	80	96	3	1/5	1/3	1	3	5	14	17	3	1/4	1/3	1
3985	4689	4	1/4	1/3	1/2	1	2	96	112	4	1/7	1/5	1/3	1	3						
4689	5393	5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	112	128	5	1/9	1/7	1/5	1/3	1						

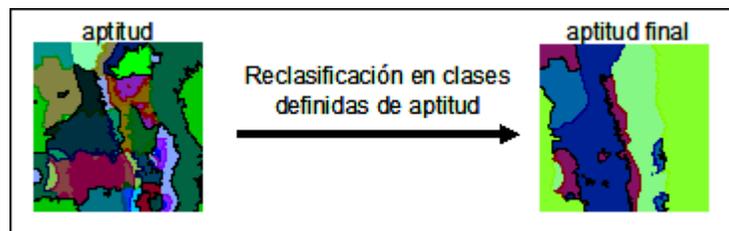
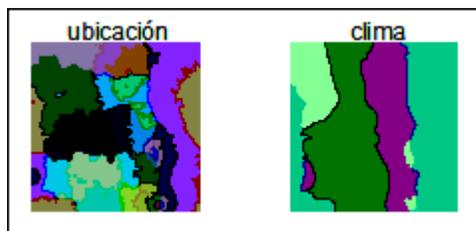
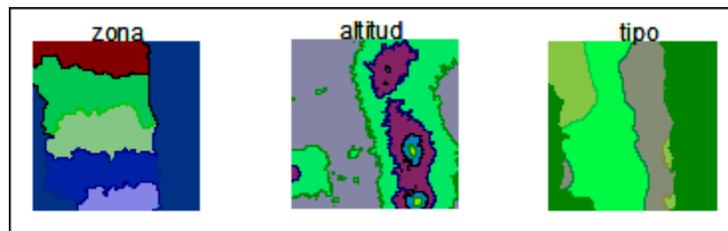


Figura 3.5. Fases del proceso de simulación: (a) Modelo de aptitud; (b) Matrices para ponderación de criterios y (c) estandarización de variables; (d) Mapas estandarizados, (e) Mapas de criterios y (f) Mapas de aptitud.

Una coincidencia del sistema con algunos de los trabajos se da en el uso de PJA, en donde por medio de tal técnica se establece una jerarquía de criterios a través de la cual se realiza tanto la comprensión y análisis del problema como su solución; dicha jerarquía permite además definir la contribución de cada criterio (ponderación de criterios) en la solución del problema. La coincidencia antes mencionada es solo circunstancial ya que se deriva de la propia técnica, por lo que la forma en cómo se abordan los distintos trabajos difiere de la planteada en el sistema. El enfoque para la determinación de aptitud que utiliza el sistema es el de contrastar las condiciones óptimas para el desarrollo de una actividad ecoturística con aquellas presentes en el medio para emitir un valor de compatibilidad (aptitud); las condiciones deben ser expresadas en forma de capas temáticas. Este enfoque no se da en los trabajos comentados. El sistema utiliza el PJA como un medio para la estandarización y ponderación de variables y criterios y conecta estos procesos con los de modelación cartográfica de SIG para el procesamiento de mapas; estos procesos están integrados y no funciona uno sin el otro. De los trabajos revisados, solo uno opera en una mecánica similar (Luque-Gil, 2003) pero no al nivel de detalle como lo sería una actividad ecoturística (en el caso del sistema) sino bajo un enfoque muy general. Por último, el sistema automatiza los procesos que plantea el modelo conceptual, proveyendo un ahorro en esfuerzo y tiempo sustanciales.

Este sistema nació con el interés de evaluar la aptitud ecoturística pero debido a sus cualidades presenta una potencialidad mucho más amplia que la que aquí se presenta. Los predios poseen una capacidad multifuncional en la producción de bienes y servicios pero para poder aprovechar de manera óptima esta capacidad es importante conocer la

aptitud para diferentes usos; por ejemplo, para la biodiversidad, captura de agua, plantaciones forestales, captura de carbono, entre otras. En cada caso particular, podría variar la entrada de información biofísica (tipos de vegetación, biodiversidad, pendientes, ríos o cuerpos de agua, exposiciones, altitudes, otros), socioeconómica (camino, infraestructura, densidad de población, índices de pobreza, otros) y ambiental (temperatura, precipitación, humedad relativa, tipo de clima, otros) (criterios e indicadores). Es en este aspecto donde el sistema presentado puede ser una herramienta de gran apoyo para la toma de decisiones.

### **3.6 CONCLUSIONES**

En el presente trabajo se han combinado herramientas de EMC y SIG para conformar un modelo metodológico que permita el análisis de información de unidades espaciales para la asignación de valores de aptitud de acuerdo a sus cualidades para alojar algún tipo de actividad ecoturística. Este modelo fue codificado en un sistema de cómputo que permite la automatización de procesos para la generación de mapas de aptitud con valores entre 0 y 1, constituyendo una herramienta de apoyo en los procesos de planificación de ecoturismo.

### **3.7 LITERATURA CITADA**

- Bandyopadhyay, S., Jaiswal, R. K., Hegde, V. S., & Jayaraman, V. (2009). Assessment of land suitability potentials for agriculture using a remote sensing and GIS based approach. *International Journal of Remote Sensing*, 30(4), 879-895.
- Barredo-Cano, J. I., & Gómez-Delgado, M. 2006. *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio* (2ª ed.). México: Alfaomega.

- Blancas-Peral, F. J., Guerrero-Casas., F. M., & Lozano-Oyola, M. (2009). La localización espacial en la planificación del turismo rural en Andalucía: Un enfoque multicriterio. *Revista de Estudios Regionales*, 48, 83-113.
- Bojórquez-Tapia, L. A., Díaz-Mondragón, S., & Gómez-Priego, P. 1999. GIS-approach for land suitability assessment in developing countries: A case study of forest development project in Mexico. In: T. J. Claude (ed.), *Spatial multicriteria decision making and analysis: A geographic information sciences approach*. (pp. 335-353). USA: Ashgate Publishing Company.
- Bustillos-Herrera, J. A., Valdez-Lazalde, J. R., Aldrete, A., & González-Guillén, M. J. (2007). Aptitud de terrenos para plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden): Definición mediante el proceso de análisis jerarquizado y SIG. *Agrociencia*, 41(7), 787-796.
- Ceballos-Lascurain, H. (1998). *Ecoturismo: Naturaleza y desarrollo sostenible*. México: Diana.
- Ceballos-Silva, A., & López-Blanco, J. (2003). Delineation of suitable areas for crops using a Multi-Criteria Evaluation approach and land use/cover mapping: A case study in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 77, 117–136.
- Elaalem, L., Comber, A., & Fisher, P. (2010). Land evaluation techniques comparing fuzzy AHP with TOPSIS methods. 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science, 2010. Guimarães, Portugal.
- Elineema, R. R. 2002. Análisis del método AHP para la toma de decisiones multicriterio. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Franco-Maass, S., Osorio-García, M., Nava-Bernal, G., & Regil-García, H. H. (2009). Evaluación multicriterio de los recursos turísticos. Parque Nacional Nevado de Toluca, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 18, 208-226.
- Fung, T., & Wong, F. K. K. (2007). Ecotourism planning using multiple criteria evaluation with GIS. *Geocarto International*, 22(2), 87-105.
- Gómez-Orea, D. (2007). *Ordenación territorial*. España: Mundi-Prensa.
- Jankowski, P. 1995. Integrating geographical information systems and multiple criteria decisionmaking methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 9(3), 251 - 273.
- Kenan, O. (2006). Multiple criteria activity selection for ecotourism planning in Igneada. *Turk J. Agric For*, 30, 153-164.
- Kimmel, J. R. (1999). Ecotourism as environmental learning. *The Journal of Environmental Education*, 30(2),40-44.

- López-Hernández, N., & Treviño-Pérez, A. (2004). Planificación y gestión sostenible de áreas recreativas en la comunidad Valenciana. *Cuadernos Geográficos*, 34, 163-178.
- Luque-Gil, A. M. (2003). La evaluación del medio para la práctica de actividades turístico-deportivas en la naturaleza. *Cuadernos de Turismo*, 12, 131-149.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. USA: John Wiley & Sons.
- Marín-Yaseli, M. L., & Nogués-Bravo, D. (2001). La potencialidad del medio natural en el Lic de las Sierras Ibéricas Riojanas mediante evaluación multicriterio. *Zubía Monográfico*, 13, 227-240.
- Ocaña-Ocaña, C., & Galacho-Jiménez, F. B. (2002). Un modelo de aplicación de SIG y Evaluación Multicriterio, al análisis de la capacidad del territorio en relación a funciones turísticas. IV Congreso "Turismo y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones", TuriTec 2000. España, pp. 235-253.
- Pérez-Vivar, M. A., González-Guillén, M. J., & Valdez-Lazalde, J. R. (2011a). Métodos para determinar la aptitud ecoturística de áreas forestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. (En proceso de arbitraje).
- Pérez-Vivar, M. A., González-Guillén, M. J., Valdéz-Lazalde, J. R., De Los Santos-Posadas, H. M., & Ángeles-Pérez, G. (2011b). *Manual de usuario: Sistema de cómputo para determinar la aptitud ecoturística de áreas forestales*. México: Colegio de Postgraduados.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. USA: McGraw-Hill.
- Van-Lanen, H. A. J., Van-Diepen, C.A., Reinds, G. J., De Koning, G. H. J., Bulens, J. D. & Bregt, A. K. (1992). Physical Land evaluation methods and GIS to explore the crop growth potential and its effects within the European Communities. *Agricultural Systems*, 39, 307-328.
- Wunder, S. (1999). Promoting forest conservation through ecotourism income? A case study from the Ecuadorian Amazon region. *Ocasional paper*. Ecuador: CIFOR.

## CAPÍTULO IV

### APTITUD ECOTURÍSTICA EN LA SIERRA NEVADA DE TEXCOCO<sup>3</sup>

#### 4.1 RESUMEN

El presente estudio consistió en implementar un sistema de cómputo (software) desarrollado *ad hoc* para determinar la aptitud de áreas forestales para realizar actividades ecoturísticas en la Sierra Nevada de Texcoco. El sistema utiliza como insumos información sobre criterios y subcriterios, así como información temática relevante para el desarrollo adecuado de las actividades de campismo, caminata y día de campo. La información referente a criterios se recolectó a través de encuestas aplicadas a personas relacionadas con las actividades ecoturísticas. El producto generado fue un mapa con valores de aptitud en un gradiente de 0 a 1 para cada actividad considerada. Se evaluó el funcionamiento del sistema mostrando un desempeño confiable comprobando que representa una herramienta valiosa, eficaz y eficiente como instrumento de apoyo al proceso de toma de decisiones y planificación del uso de la tierra.

Palabras Clave: Aptitud, SIG, evaluación multicriterio, ecoturismo.

#### 4.2 ABSTRACT

The present study implemented a computer (software) system developed *ad hoc* for determining the suitability for forest areas in order to carry out ecotourism activities in the Sierra Nevada of Texcoco. The system utilizes input information on criteria and sub-

---

<sup>3</sup> Artículo a enviar a Arbitraje a la Revista Madera y Bosques.

criteria as well as thematic information, important for an adequate development of camping, hiking, and picnicking. The information related to criteria was obtained by surveys applied to people related with ecotouristic activities. The generated product was a map of suitability values on a gradient from 0 to 1, considering each activity. The functioning of the system was assessed showing a reliable performance proved to be a valuable and effective tool as an instrument for supporting the decision making process and land use planning.

Keywords: Suitability, GIS, multiple criteria evaluation, ecotourism.

#### **4.3 INTRODUCCIÓN**

La importancia de la naturaleza en la generación de bienes y servicios que permiten la existencia del ser humano es incuestionable (Gómez y De Groot, 2007). Existen alrededor de 30 funciones de interés para el hombre que tienen lugar en los ecosistemas (por ej., las áreas recreativas y facilidades para el turismo) (De Groot, 2006), lo que proporciona una serie de valores sociales que se constituyen en elemento fundamental para la salud física y mental, educación, identidad cultural, libertad, valores espirituales, entre otros (Gómez y De Groot, 2007).

El turismo como actividad recreativa ha crecido vertiginosamente impactando los ambientes en los que se desarrolla (Kimmel, 1999); desafortunadamente, esta industria se ha masificado a tal grado que podría convertirse en herramienta de destrucción del medio ambiente en los lugares donde se practica (Pérez, 2003). Ante tal situación, surge el ecoturismo como una alternativa que busca establecer una relación benéfica

entre sociedad-naturaleza-comunidad local (Wunder, 1999). Sin embargo, el desarrollo del ecoturismo enfrenta el reto de conjuntar la visión de crecimiento sin límites respecto a la generación de utilidades y de desarrollo de infraestructura, y la visión de limitar el desarrollo imponiendo criterios de baja intensidad y mínimo impacto ecológico (Chávez, 2005). Un reto que no siempre se alcanza. Por lo anterior, es de vital importancia que la planificación de una iniciativa de actividad ecoturística se desarrolle de acuerdo a la aptitud y capacidad de un ambiente (López y Triviño, 2004).

Recientemente, en la Sierra Nevada del municipio de Texcoco, han existido iniciativas en pro del desarrollo de proyectos de ecoturismo con el afán de aprovechar en forma sustentable la belleza paisajística de sus áreas forestales (Caballero, 2007). Sin embargo, hacen falta trabajos que determinen la aptitud ecoturística de los terrenos con base en métodos objetivos, que desde la medición de variables del medio físico permitan obtener un valor cuantitativo de compatibilidad entre un uso específico y las características del medio. Al respecto, existen diversos trabajos que abordan el estudio de la potencialidad ecoturística desde la perspectiva de la *aptitud*<sup>4</sup> de los espacios para el desarrollo del ecoturismo (Pérez *et al.*, 2011a). En ellos se observa una gran diversidad de objetivos y metodologías específicas, en las que se distinguen las de tipo cualitativo y cuantitativo, siendo estas últimas las de mayor confiabilidad (Pérez *et al.*, 2011a). Un elemento común en algunas metodologías de tipo cuantitativo es el empleo

---

<sup>4</sup> La aptitud del suelo esta dirigida a la evaluación de los recursos naturales y la regulación de actividades humanas en un espacio (Bandyopadhyay *et al.*, 2009) para identificar la capacidad de una unidad de suelo para alojar un uso con base a requerimientos específicos (suelo, precipitación, temperatura, otros) y preferencias para la búsqueda de patrones de ubicación apropiados a metas planteadas (Bojórquez *et al.*, 1999).

de herramientas propias del ámbito de la “Toma de Decisiones”<sup>5</sup>; por ejemplo la Evaluación Multicriterio (EMC), la cual emplea técnicas como la Combinación Lineal Ponderada, Electre, Proceso Jerárquico Analítico, y Promethee, en donde el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituye un elemento común (Franco *et al.*, 2009; Kenan, 2006; Blancas *et al.*, 2009).

En su mayoría, los trabajos que utilizan metodologías de tipo cuantitativo abordan la aptitud ecoturística evaluando las condiciones existentes en un espacio y las contrastan con aquellas requeridas para el desarrollo del ecoturismo como concepto general (Pérez *et al.*, 2011a), sin hacer énfasis en que el ecoturismo contempla una serie de actividades con características muy particulares que se rigen bajo una filosofía común que emana del propio concepto<sup>6</sup>.

En una mecánica distinta, en el sentido de establecer actividades ecoturísticas específicas y para cada una de ellas las condiciones del medio necesarias para su buen desarrollo, en el presente trabajo se evaluó la aptitud ecoturística de una región a través de identificar las principales actividades ecoturísticas desarrolladas en áreas forestales, definiendo para ellas las condiciones biofísicas (cartografiables) del medio más apropiadas para su desarrollo y aplicando un sistema de cómputo para la generación de valores de aptitud. El sistema de cómputo se diseñó *ad hoc* para evaluar la aptitud ecoturística (Pérez *et al.*, 2011b; Pérez *et al.*, 2011c); para ello, incorpora un modelo

---

<sup>5</sup> “Serie de constructos teóricos y articulaciones lógicas que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decidores” (Romero, 1993).

<sup>6</sup> Existe una diversidad de definiciones del concepto “Ecoturismo” pero todas ellas coinciden en elementos fundamentales como: Conservación de la naturaleza, valoración histórica y cultural, implicación y beneficio de comunidades locales, sustentabilidad (Pinkus, 2009).

conceptual que genera valores de aptitud y combina herramientas de evaluación multicriterio y SIG, para contrastar los requerimientos ambientales necesarios para el desarrollo de una actividad ecoturística específica, con las características biofísicas del espacio. La finalidad es obtener un mapa de aptitud que indique las áreas más adecuadas para el desarrollo de la actividad de interés.

El presente estudio tuvo como objetivo implementar un sistema de cómputo (software) que permita determinar la aptitud ecoturística para identificar zonas potenciales para el desarrollo de actividades ecoturísticas en áreas forestales de la Sierra Nevada de Texcoco.

## **4.4 METODOLOGÍA**

### **4.4.1 Área de estudio**

El área de estudio se ubica en la zona oriente del estado de México y corresponde a la zona montañosa ubicada en la porción oriental del municipio de Texcoco. Dicha área pertenece a la región fisiográfica conocida como Sierra Nevada, la cual forma parte del eje volcánico transversal (Sánchez y López, 2003). Aunque el área de interés es la zona de la Sierra Nevada bajo influencia del municipio de Texcoco, ésta se trabajó como parte de la zona de cobertura de la Carta “Chalco” de INEGI cuya clave es “E14B31” y que está acotada por las coordenadas 19°15′00″ a 19°30′00″ LN y 98°40′00″ a 99°00′00″ LO (Figura 4.1); la finalidad de procesar la información de la carta completa fue el propiciar una mayor carga de operación al sistema para verificar su funcionamiento, el cual fue uno de los objetivos del trabajo.

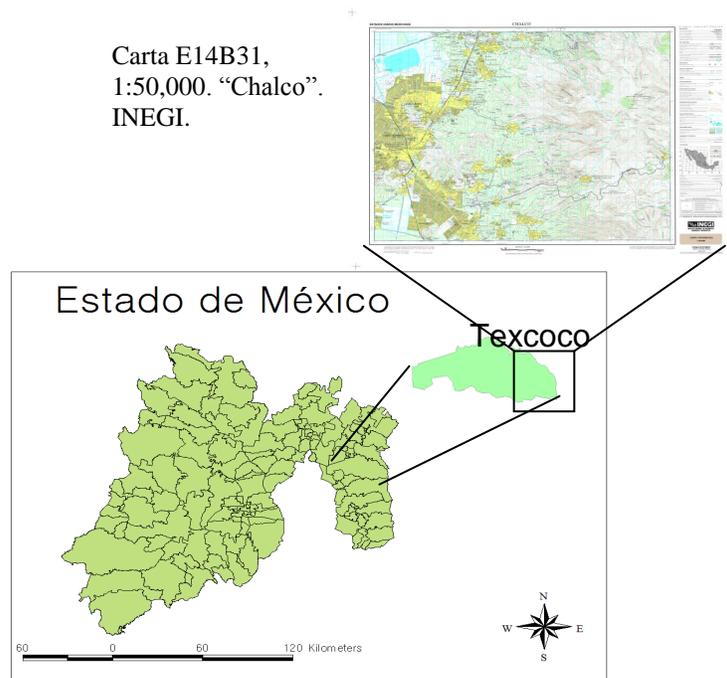


Figura 4.1 Área de estudio.

El área de estudio presenta un intervalo altitudinal variado que va aproximadamente de los 2,103 a los 4,127 m, con una alta diversidad de paisajes. Las elevaciones más notables corresponden a los cerros Tláloc (4127 m), Telapón (4060 m), Yoloxóchitl (3900 m) y Los Potreros (3900 m). Los principales tipos de vegetación en el área son el bosque de pino, oyamel, pino-oyamel-encino, pino-aile-encino, pino-encino y pastizal (Sánchez y López, 2003).

#### 4.4.2 Base de datos cartográfica

Se utilizaron mapas digitales correspondientes a la carta Chalco "E14B31" de INEGI en escala 1:50,000 bajo un sistema de coordenadas UTM NAD27; los temas usados corresponden a los rasgos, en formato vectorial, de áreas urbanas, vías de

transportación, rasgos hidrográficos puntuales, corrientes y vías de conducción de agua; todos ellos pertenecientes a la carta topográfica, uso de suelo y vegetación, y modelo digital de elevaciones (MDE) con resolución espacial de 30 m.

#### **4.4.3 Proceso**

El proceso metodológico estuvo conformado por cuatro etapas generales las cuales se describen a continuación:

##### **(a) Conformación de la información de condiciones del ambiente**

Esta información se refiere a los requerimientos del ambiente necesarios para el desarrollo de una actividad ecoturística específica, expresados como una jerarquía de criterios y variables, así como a juicios de valor respecto de la importancia o prioridad relativa con la que cada variable y criterio participa dentro del proceso de evaluación de aptitud. Las variables de interés fueron: Distancia a núcleos de población y distancia a caminos bajo el criterio *Accesibilidad*; pendiente del terreno bajo el criterio *Topografía*; distancia a manantiales y distancia a cauces de agua bajo el criterio *Agua*; y tipo de vegetación bajo el criterio *Vegetación*. Éstas se definieron mediante entrevistas (cuestionario) con personas que realizan ecoturismo.

##### **Diseño del cuestionario**

Para obtener la información de “condiciones del ambiente”, se diseñó, calibró y aplicó un cuestionario conformado por tres secciones (Anexo 1): (a) Datos de identificación; (b) Información de condiciones del ambiente necesarias para practicar la actividad

ecoturística de interés; y (c) Valores de importancia o prioridad relativas para criterios y variables.

En la sección (a) del cuestionario (Anexo 1), se propusieron actividades de campismo, caminata y día de campo (asociadas a su casilla de verificación); adicionalmente, se dejó opción para que el encuestado pudiera anotar cualquier otra actividad diferente a las anteriores y así poder indicar la actividad preferente para la cual aporta la información. En la sección (b) sólo se incluyeron preguntas sobre condiciones del ambiente asociados a rasgos cartografiables. Lo anterior debido a que es requisito para el proceso que cada condición (variable) esté acompañada de la información temática correspondiente (en forma de mapas digitales).

El cuestionario se dirigió a personas que tuvieran cierto conocimiento y experiencia de los requerimientos biofísicos y de facilidades para el desarrollo de las actividades ecoturísticas en la zona; de esta forma, la encuesta se aplicó a instructores de grupos de niños exploradores, profesores con estudios de licenciatura o postgrado en el área de turismo de las instituciones educativas del municipio, integrantes de una asociación civil de caminata y estudiantes de último año en la carrera de turismo.

### **Análisis de los cuestionarios**

El proceso de análisis se realizó por grupo de actividad ecoturística. Para el análisis de las variables (sección b) se construyeron histogramas y se obtuvieron las estadísticas simples con la finalidad de explorar el comportamiento de los datos. Para cada variable se generaron intervalos con distintos niveles de recomendación (alta, media y baja) con

base a las respuestas de los encuestados; dichos niveles representan una condición particular (aptitud) para el desarrollo de una actividad específica. La generación de los intervalos se basó en la función de distribución acumulativa empírica de cada variable, la cual pretende lograr un conocimiento aproximado de la distribución acumulativa que tendría la población (función de distribución acumulativa de probabilidad); el término “empírica” hace referencia al hecho de que es generada con base en una muestra de la población (Behar y Yepes, 2007). De esta manera, se generaron intervalos de acuerdo a un nivel de probabilidad, definiendo la mayor aptitud para el intervalo con mayor probabilidad y así sucesivamente hasta el de menor aptitud. El criterio utilizado para generar los intervalos es que a partir de la función de distribución acumulativa empírica se determinaron intervalos marcadamente diferentes entre sí en términos de probabilidad con la finalidad de asignarles un nivel de aptitud en correspondencia con su probabilidad; se establecieron intervalos de aptitud alta, media y baja asociados a probabilidades alta, media y baja, respectivamente. Para establecer los límites de los intervalos se usaron directamente los valores (reportados por los cuestionarios) con los que se generó la función de distribución.

La información de la sección (c) dio origen a los juicios de valor sobre la importancia o prioridad relativa asociados a cada criterio y variable; para definir tales valores con respecto a los criterios, se calculó el vector de prioridad y razón de consistencia de la matriz de cada cuestionario mediante la opción Weight del módulo Decisión Support de IDRISI®; todas aquellas matrices cuya razón de consistencia fue mayor a 0.10 así como sus vectores, fueron descartados. Lo anterior debido a que tales valores indican una alta inconsistencia en los juicios de comparación en las matrices. Posteriormente, los

vectores de prioridad fueron incorporados en una gráfica conjunta de Excel<sup>®</sup> de tipo líneas, en formato de series de datos para identificar visualmente los vectores extremos a la tendencia general; nuevamente, las matrices y los vectores se descartaron con la intención de desprestigiar valores que se desvían marcadamente del comportamiento común de los datos y que darán origen a promedios que no son representativos. Por último, de las matrices que fueron conservadas, se obtuvo un valor promedio para cada celda por encima de la diagonal de celdas con valor 1 y se volvió a verificar el índice de consistencia, constituyendo ésta, la matriz definitiva de valores de importancia o prioridad relativa para criterios a ser utilizada en el proceso de evaluación de aptitud.

Para la obtención de los valores de importancia o prioridad relativa correspondiente a las variables, se tomaron únicamente los datos de los cuestionarios cuyas matrices de comparación participaron en la generación de la matriz definitiva de valores de importancia o prioridad relativa correspondiente a criterios. Nuevamente, de estos datos se eliminaron valores extremos y se obtuvo un valor promedio como valor definitivo de importancia o prioridad relativa correspondiente a las variables.

### **(b) Conformación de la información temática**

Esta etapa consistió en realizar el procesamiento de la información temática previo al proceso de evaluación de aptitud a fin de proporcionarle las características necesarias para su ingreso al sistema. Dicho proceso consistió en lo siguiente:

- Creación de áreas de amortiguamiento de acuerdo a intervalos de aptitud (descritos en la sección anterior) para las capas temáticas de áreas urbanas, vías de transportación, rasgos hidrográficos puntuales, corrientes y vías de

conducción de agua. Aspectos particulares son, en el caso de vías de transportación, que las vías que se distribuyen en las áreas forestales son de dos tipos “brechas” y “veredas”; las brechas al ser de mayor dimensión y permitir el paso de vehículos puede generar un flujo constante de tránsito, lo que podría representar una condición de incomodidad para la realización de actividades ecoturísticas. Por tal razón, éste fue el tipo de vía utilizada para la creación de las áreas de amortiguamiento. Para el caso de rasgos hidrográficos puntuales, las áreas de amortiguamiento se crearon con respecto a los manantiales y para el caso de corrientes y vías de conducción de agua, sobre corrientes de agua permanentes.

- Recorte y conversión de los mapas de áreas de amortiguamiento de formato vectorial a raster tomando como base las dimensiones del mapa de pendientes.
- Generación del mapa de pendientes a partir del MDE y reclasificación de acuerdo a intervalos de aptitud.
- Reproyección del mapa de pendientes de datum WGS84 a NAD27.
- Conversión de mapas raster en formato grid de ArcView a formato de archivo ASCII.

### **(c) Procesamiento.**

Esta etapa consistió en la puesta en operación del sistema de cómputo (Pérez *et al.*, 2011b) alimentándolo con la información generada tanto en la primera como en la segunda etapa y siguiendo para ello las instrucciones del manual de usuario (Pérez *et al.*, 2011c). El sistema realiza tres procesos generales: (a) El primero corresponde a la

implementación del Proceso Jerárquico Analítico (PJA) de Evaluación Multicriterio mediante el cual se generan valores para estandarización de variables, ponderación de criterios y verificación de consistencia de matrices de comparación (Malczewski, 1999); (b) El segundo corresponde a la modelación cartográfica, en donde: (i) Se utilizan los valores generados en el proceso PJA (paso anterior) para generar los mapas temáticos estandarizados y los mapas ponderados tanto de variables como de criterios, y (ii) Se combinan los mapas en cada nivel de la jerarquía para sintetizar el mapa del nivel superior, desde el nivel inferior (variables) hasta el superior (aptitud); y (c) El tercer proceso retoma el mapa de aptitud y nuevamente en operaciones de modelación cartográfica: (i) El mapa de aptitud es reclasificado en clases definidas de aptitud establecidas a juicio del usuario, y (ii) Opcionalmente el mapa de aptitud puede ser combinado con un mapa binario de restricciones de uso de suelo para descartar las áreas impedidas para el desarrollo de la actividad ecoturística.

#### **(d) Prueba del sistema**

Una tarea relevante en el desarrollo de software es asegurar que éste satisfaga las necesidades del usuario. Un elemento de gran importancia dentro del proceso de control de desarrollo de software es el “testing” o prueba; para su aplicación se requiere disponer de un prototipo ejecutable el cual se pone en ejecución con la finalidad de contrastar sus respuestas con el comportamiento operacional esperado, en donde los resultados son examinados para constatar su fiabilidad y así probar que el sistema es de utilidad operacional. Para realizar una prueba, es necesario definir las pre-condiciones y post-condiciones, establecer valores de entrada y conocer el comportamiento que debería tener el sistema ante dichos valores (INTECO, 2009). En

este sentido la prueba del sistema se realizó en dos fases: (i) Comprobación de la lógica de operación del sistema. Para esta operación se generaron seis capas de datos en formato raster con dimensión de 9 filas por 9 columnas. Estas capas se utilizaron para realizar diferentes ejecuciones del sistema; en cada ejecución se asignaron valores diversos (bien conocidos) a una de las capas, manteniendo las restantes en un valor fijo (el de mayor aptitud en todas sus celdas) para poder conocer con certeza el valor que debía ser esperado y contrastarlo con el generado por el sistema, y así poder comprobar su correcto desempeño; (ii) La segunda etapa consistió en la verificación manual del valor de aptitud para una serie de puntos del área de estudio para cada actividad y su comparación con el valor generado por el sistema a fin de verificar su confiabilidad. Los puntos fueron definidos mediante la generación de valores aleatorios para sus coordenadas X y Y aplicando la función “aleatorio.entre()” de Excel®; se consideró un total de 15 puntos por actividad.

#### **4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se levantaron 46, 27 y 23 encuestas para campismo, caminata y día de campo, respectivamente. A través de ellas se definieron las condiciones necesarias (en forma de intervalos de aptitud) en cuanto a distancia a núcleos de población, distancia a caminos, pendiente del terreno, distancia a manantiales y distancia a cauces de agua necesarias para la práctica de las actividades campismo, caminata y día de campo en la Sierra Nevada de Texcoco (Cuadro 4.1). Una consideración importante en cuanto a las actividades ecoturísticas es que a pesar de que el cuestionario incluía opción para reportar actividades diferentes a las que se proponían en el mismo, ningún cuestionario reportó actividades adicionales.

Cuadro 4.1. Condiciones necesarias para la práctica de actividades ecoturísticas.

Condición	Aptitud	Campismo		Caminata		Día de campo	
		Intervalo	F	Intervalo	F	Intervalo	F
Distancia a núcleos de población (m)	S1	500-3000	0.66	1000-1800	0.63	100-1500	0.69
	S2	3000-5000	0.24	1800-5000	0.31	1500-3000	0.23
	S3	5000-10000	0.1	5000-7500	0.06	3000-5000	0.08
Distancia a caminos (m)	S1	10-500	0.61	100-500	0.59	75-500	0.56
	S2	500-1000	0.26	500-1500	0.35	500-1000	0.38
	S3	1000-4000	0.13	1500-3000	0.06	1000-2000	0.06
Pendiente (%)	S1	2.5-30	0.61	0-45	0.55	0-35	0.64
	S2	30-75	0.27	45-55	0.35	35-60	0.29
	S3	75-110	0.12	55-90	0.1	60-125	0.07
Distancia a manantiales (m)	S1	5-350	0.58	200-1000	0.53	50-500	0.72
	S2	350-1000	0.3	1000-3500	0.37	500-1500	0.17
	S3	1000-5000	0.12	3500-10000	0.1	1500-2000	0.11
Distancia a cauces (m)	S1	5-200	0.59	100-500	0.58	20-400	0.5
	S2	200-500	0.27	500-2000	0.26	400-500	0.39
	S3	500-4000	0.14	2000-4000	0.16	500-1000	0.11
Vegetación*	S1	Pino	0.39	Pino	0.41	Pino	0.41
	S2	Encino	0.35	Oyamel	0.31	Encino	0.32
	S3	Oyamel	0.26	Encino	0.28	Cedro	0.27

S: Nivel de aptitud (S1= Alta; S2=Media; S3=Baja).

F: Probabilidad asociada al intervalo (De acuerdo a la Función de Distribución Acumulativa Empírica).

\* En este caso se trata de una variable de tipo cualitativo referente a un tipo de vegetación.

El nivel de aptitud asociado a los intervalos indica una situación de idealidad para la práctica de las actividades que va desde la mejor de las condiciones (alta) hasta la menor (baja). Para este trabajo en particular se establecieron tres niveles (alta, media y baja) pero puede establecerse cualquier número de niveles, lo que dependerá de los objetivos particulares de la investigación. En este sentido, el sistema de evaluación permite definir cualquier número de niveles.

Con base en los intervalos de aptitud para cada condición (variable) se establecieron las matrices de comparación para su estandarización (Cuadro 4.2). Los valores de probabilidad ya en sí representan valores de estandarización pero para acoplarlos al

Cuadro 4.2. Matrices de comparación para estandarización de variables\*

Condición	Campismo			Caminata			Día de campo					
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3			
Distancia a núcleos de población	S1	1	2.75	6.6	S1	1	2.03	10.5	S1	1	3	8.63
	S2		1	2.4	S2		1	5.17	S2		1	2.88
	S3			1	S3			1	S3			1
Distancia a caminos	S1	1	2.35	4.69	S1	1	1.69	9.83	S1	1	1.47	9.33
	S2		1	2	S2		1	5.83	S2		1	6.33
	S3			1	S3			1	S3			1
Pendiente	S1	1	2.26	5.08	S1	1	1.57	5.5	S1	1	2.21	9.14
	S2		1	2.25	S2		1	3.5	S2		1	4.14
	S3			1	S3			1	S3			1
Distancia a manantiales	S1	1	1.93	4.83	S1	1	1.43	5.3	S1	1	4.24	6.55
	S2		1	2.5	S2		1	3.7	S2		1	1.55
	S3			1	S3			1	S3			1
Distancia a cauces	S1	1	2.19	4.21	S1	1	2.23	3.63	S1	1	1.28	4.55
	S2		1	1.93	S2		1	1.63	S2		1	3.55
	S3			1	S3			1	S3			1
Vegetación	S1	1	1.11	1.5	S1	1	1.29	1.47	S1	1	1.31	1.55
	S2		1	1.34	S2		1	1.13	S2		1	1.18
	S3			1	S3			1	S3			1

\* Las celdas en color café por debajo de la diagonal de valores 1 aparecen sin valor debido a que su valor esta determinado por el valor inverso de su celda de comparación recíproca.

formato de entrada del sistema, que son las matrices de comparación, se obtuvo el cociente de los valores de probabilidad de los niveles que se comparan; dicho cociente representa la dimensión proporcional de uno frente al otro. Cuando se resuelve la matriz de comparación generando el vector de prioridades, éste retorna los valores de probabilidad originales; un paso posterior es la obtención del cociente de cada valor del vector con respecto al mayor de ellos para dar origen a los valores de estandarización. También se conformaron las matrices de comparación para ponderación de variables al interior de criterios -subcriterios- (Cuadro 4.3) así como para ponderación de criterios

(Cuadro 4.4). Es necesario comentar que en el Cuadro 4.3 no figuran los criterios “Topografía” y “Vegetación” porque no se están ponderando dado que no poseen más de una variable.

Cuadro 4.3. Matrices de comparación para ponderación de subcriterios (variables)\*

Criterio	Variable	Campismo		Caminata		Día de campo	
		Distancia a caminos	Distancia a núcleos de población	Distancia a caminos	Distancia a núcleos de población	Distancia a caminos	Distancia a núcleos de población
Accesibilidad	Distancia a caminos	1	0.21	1	3.66	1	0.25
	Distancia a núcleos de población		1		1		1
Agua	Variable	Distancia a cauces	Distancia a manantiales	Distancia a cauces	Distancia a manantiales	Distancia a cauces	Distancia a manantiales
	Distancia a cauces	1	0.429	1	3	1	0.142
	Distancia a manantiales		1		1		1

\* Las celdas en color café por debajo de la diagonal de valores 1 aparecen sin valor debido a que su valor esta determinado por el valor inverso de su celda de comparación recíproca.

Cuadro 4.4. Matriz de comparación para ponderación de criterios\*.

		Accesibilidad	Agua	Topografía	Vegetación
Campismo	Accesibilidad	1	0.22	2.58	1.17
	Agua		1	4.34	4.5
	Topografía			1	1.17
	Vegetación				1
Caminata	Accesibilidad	1	2	3.67	4.33
	Agua		1	2.33	5
	Topografía			1	4.33
	Vegetación				1
Día de campo	Accesibilidad	1	3	0.51	1.67
	Agua		1	0.29	0.56
	Topografía			1	3
	Vegetación				1

\* Las celdas en color café por debajo de la diagonal de valores 1 aparecen sin valor debido a que su valor esta determinado por el valor inverso de su celda de comparación recíproca.

El sistema fue puesto en ejecución con base al manual de operación (Pérez *et al.*, 2011c) incorporando las capas temáticas necesarias, generando la jerarquía de criterios

(Figura 4.2a), incorporando los intervalos de aptitud con sus valores de importancia (Figura 4.2b) así como los valores de importancia de variables (Figura 4.2c) y de criterios (Figura 4.2d); el proceso fue desarrollado para cada actividad ecoturística para obtener el mapa de aptitud correspondiente.



Figura 4.2. Ventanas del sistema para la incorporación de jerarquía de criterios (a), intervalos de aptitud (b), valores de importancia de variables (c), y valores de importancia de criterios (d).

De acuerdo a los criterios y subcriterios así como al formato de la información empleada en el proceso, el sistema puede generar para estas condiciones alrededor de 4096 posibles valores de aptitud; por tal razón se realizó la reclasificación de los mapas de aptitud para las tres actividades de interés en las clases de Aptitud: Nula= $(0 \leq \text{Aptitud} \leq 0.5)$ , Baja= $(0.5 < \text{Aptitud} \leq 0.66)$ , Media= $(0.66 < \text{Aptitud} \leq 0.83)$  y Alta= $(0.83 < \text{Aptitud} \leq 1.0)$ .

De esta manera, el sistema generó los mapas de aptitud para las actividades de campismo, caminata y día de campo (Figuras 4.3, 4.4 y 4.5, respectivamente) donde se aprecian las clases de aptitud mencionadas y se presentan adicionalmente zonas de

restricción -en este caso corresponden a áreas urbanas-; la inclusión de zonas de restricción es otra funcionalidad del sistema. La inclusión de áreas urbanas como zonas de restricción solo es un parámetro de referencia debido a que no se cuenta con información actualizada. Además, se percibe que tales zonas han ido en constante aumento; por la misma razón no se incluyeron otras zonas de restricción como las de uso agrícola. Queda confirmado que el sistema permite la incorporación de cualquier número de zonas de restricción. Un aspecto de gran relevancia es la disponibilidad de información temática y su calidad. Como puede apreciarse, la utilidad de una evaluación como la que se realiza en el presente trabajo estará limitada por estos dos componentes. Si bien es cierto que este trabajo presenta tal limitación, su verdadero mérito lo constituye el presentar un enfoque de evaluación de aptitud (diferente al de

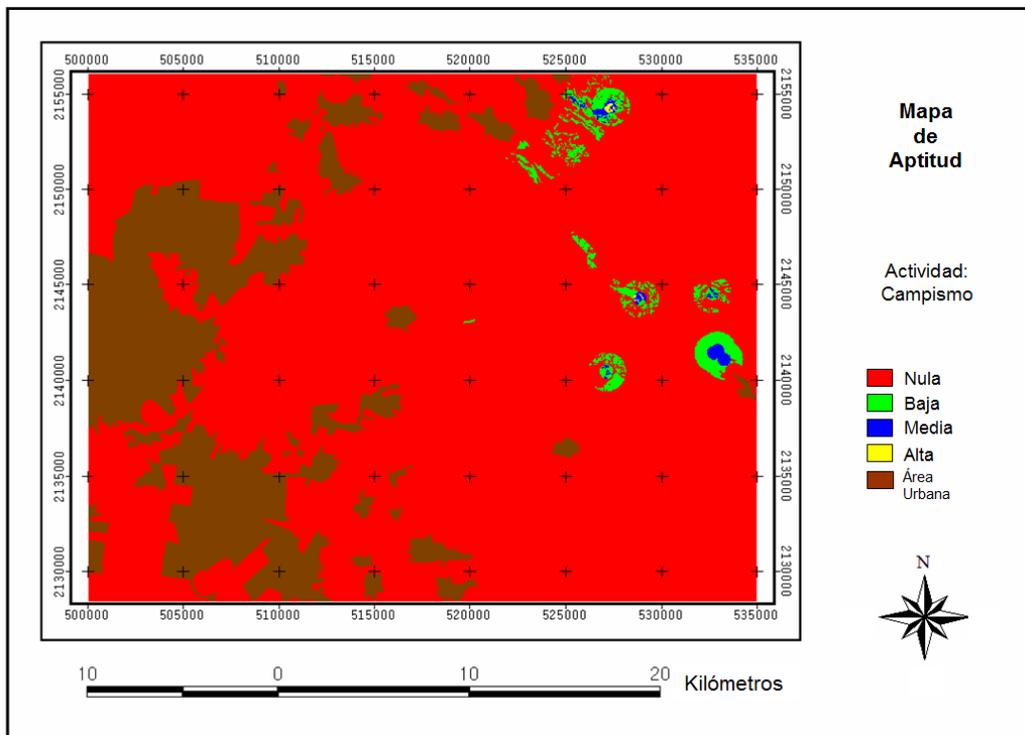


Figura 4.3. Mapa de aptitud para actividad de campismo.

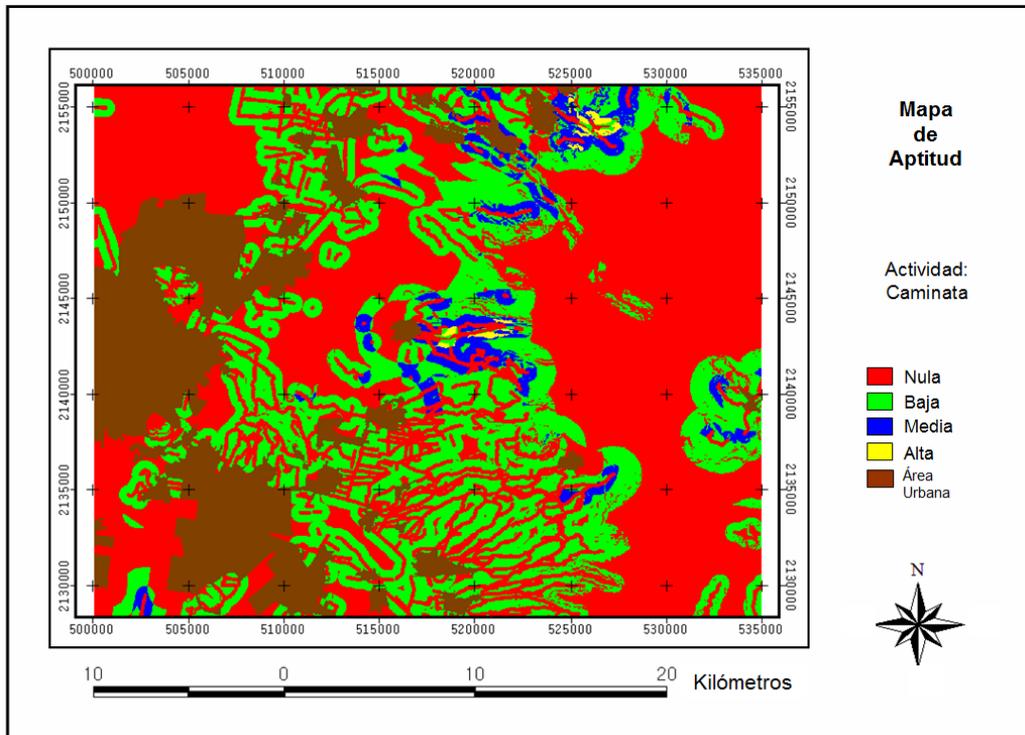


Figura 4.4. Mapa de aptitud para actividad de caminata.

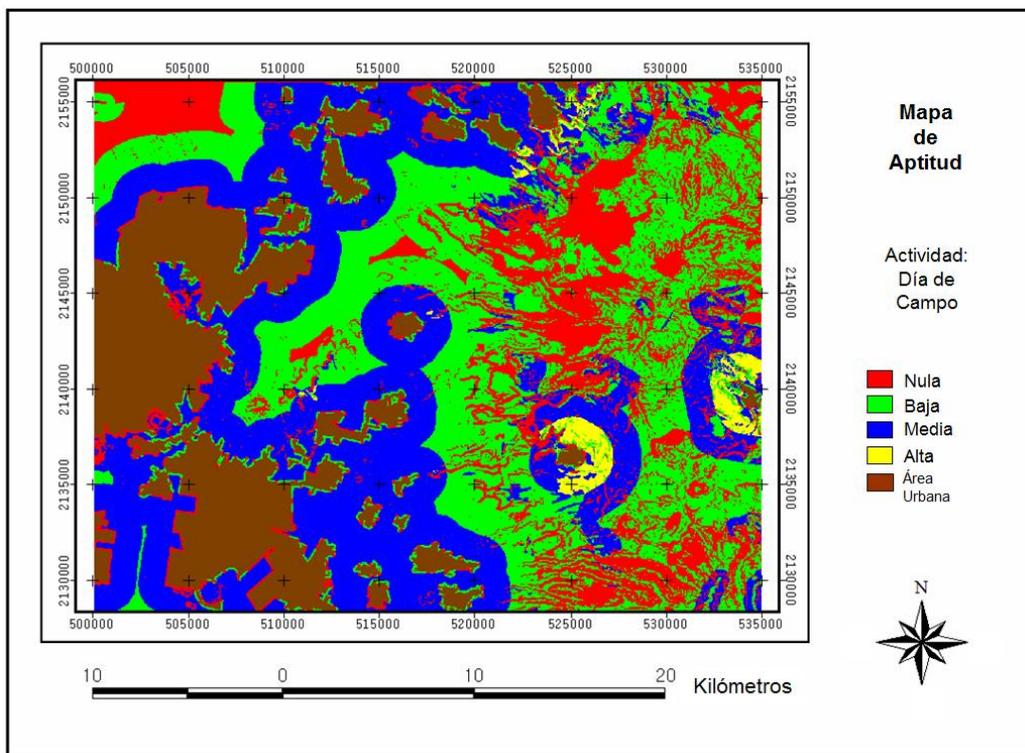


Figura 4.5. Mapa de aptitud para actividad de día de campo.

trabajos relacionados al tema) que en consecuencia conlleva una metodología particular y adicionalmente presenta un sistema en este tipo de evaluaciones.

Los mapas reportan una superficie con aptitud alta de 24.3, 256.68 y 1396.17 hectáreas para las actividades de campismo, caminata y día de campo, respectivamente (Cuadro 4.5). Como se observa, la superficie para día de campo supera con mucho a las otras actividades, así la superficie para campismo y caminata representan el 1.74 % y el 18.38 % con respecto a la superficie de día de campo respectivamente; las cantidades de superficie así como su distribución son consecuencia directa de las condiciones definidas para las actividades; así puede intuirse que las condiciones para campismo fueron muy restrictivas quedando en segundo término las correspondientes a caminata; de esto se deriva que la actividad de campismo es una actividad de mayor especialización que requiere de condiciones muy particulares y que un sentido contrario la actividad de día de campo esta abierta a un margen bastante amplio de condiciones, observándose así la mayor vocación de la zona para actividades de día de campo.

Cuadro 4.5. Cuantificación de superficie por nivel de aptitud para cada actividad ecoturística.

Aptitud	Acampar		Caminata		Día de campo	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Nula	78679.08	81.55	50522.04	52.36	20328.84	21.07
Baja	1326.15	1.37	26270.37	27.23	28786.23	29.84
Media	211.41	0.22	3191.85	3.31	29729.70	30.81
Alta	24.30	0.03	256.68	0.27	1396.17	1.45
Zona Urbana	16243.02	16.83	16243.02	16.83	16243.02	16.83
Superficie total	96483.96	100%	96483.96	100%	96483.96	100%

Respecto a la prueba del sistema, tanto la comprobación de la lógica de operación como la verificación manual de valores de puntos aleatorios resultaron satisfactorias en

toda su extensión, al no encontrar ningún valor diferente a los esperados; por tanto, la confiabilidad del sistema queda constatada.

Una consideración importante es que el sistema representa una caja negra capaz de incorporar información de entrada y generar información de salida, la cual representa los valores de aptitud. Estos últimos tienen un significado fácilmente comprensible, donde el valor 1 indica una condición de idealidad y disminuye en la medida en que se acerca a 0; sin embargo, resume una enorme cantidad de información acerca de las relaciones complejas existentes entre los elementos que se conjugan en la determinación de aptitud. Por esta razón, a medida que tales relaciones puedan ser acertadamente definidas en la información de entrada, referente a la jerarquía de criterios como sus valores de importancia, en esa medida, el valor de aptitud se acercará a la realidad. En este sentido, el sistema posee gran potencial para la representación de relaciones complejas; sin embargo, tal potencial se verá limitado en función de la cantidad y calidad de la información cartográfica disponible. Otra ventaja del sistema es que puede operar a cualquier nivel de escala, restringida por el aspecto de la información mencionada.

La información requerida es un aspecto crítico para el sistema debido a que podría representar una seria desventaja para el mismo; en este sentido, un primer punto crítico es que la confiabilidad del sistema dependerá completamente del grado en que la información cartográfica coincida con la realidad; un segundo punto es que si no hay disponibilidad de la información correspondiente a la condiciones que se evalúan, la

representación de la situación que se pretende evaluar quedará muy limitada; ambos puntos marcarán la utilidad del sistema.

#### **4.6 CONCLUSIONES**

La combinación de herramientas multicriterio y sistemas de información geográfica integradas en un sistema de cómputo representan una alternativa objetiva y confiable para la determinación de aptitud de áreas forestales para la realización de actividades ecoturísticas.

Mediante el sistema de cómputo se determinó que La Sierra Nevada de Texcoco cuenta con áreas naturales susceptibles de ser aprovechadas para la realización de actividades ecoturísticas como campismo, caminata y día de campo; se observó una mayor aptitud para la actividad de *Día de Campo* en la categoría de aptitud “Media” con una superficie de alrededor del 30 % con respecto al área total de la zona de estudio.

El sistema de cómputo al permitir la identificación de zonas en base a criterios establecidos, puede extender su potencial de aplicación como herramienta auxiliar a otras áreas como la del ordenamiento ecológico, para la búsqueda de patrones de ocupación del territorio y orientación en las políticas de uso del suelo; en la de servicios ecosistémicos para la identificación de zonas para captura de carbono, captación de agua, protección de biodiversidad, etc.; en protección civil para identificación de zonas de riesgos o para emplazamiento de infraestructura; entre otras, representando así una valiosa herramienta de apoyo a los procesos de toma de decisiones en la planificación ambiental.

Finalmente es importante recalcar, en los términos que lo plantea Senol *et al.* (2003), que el uso de los espacios naturales debe estar sustentado en bases objetivas como la cuantificación del potencial de sus atributos bióticos y abióticos para sustentar algún tipo de actividad, como una condición indispensable para encaminarse al uso racional y sustentable de los recursos naturales.

#### 4.7 LITERATURA CITADA

- Behar, R. y M. Yepes. 2007. Estadística. Un enfoque descriptivo. Universidad del Valle. ISBN 958-670-068-2. Cali, Colombia. 140 p.
- Bandyopadhyay, S., R. K. Jaiswal, V. S. Hegde y V. Jayaraman. 2009. Assessment of land suitability potentials for agriculture using a remote sensing and GIS based approach. *International Journal of Remote Sensing* 30(4): 879 – 895.
- Blancas P., F. J., F. M. Guerrero C. y M. Lozano O. (2009). La localización espacial en la planificación del turismo rural en Andalucía: Un enfoque multicriterio. *Revista de Estudios Regionales* 48: 83-113.
- Bojórquez T., L. A., S. DÍAZ M. y P. GÓMEZ P. 1999. GIS-approach for land suitability assessment in developing countries: A case study of forest development project in Mexico. *In*: H. Jean C., eds. *Spatial multicriteria decision making and analysis: A geographic information sciences approach*. Ashgate Publishing Company. p: 335-353.
- Caballero R., A. E. 2007. Los programas y proyectos turísticos del municipio de Texcoco, una alternativa viable para el desarrollo. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 86 p.
- Chávez De la P., J. 2005. Ecoturismo TAP. Turismo ambientalmente planificado. Edit. Trillas. México. 138 p.
- De Groot, R. 2006. Function-analysis and valuation as a tool assess land uses conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and urban planning* 75: 175-186.
- Franco M., S., M. Osorio G., G. Nava B. y H. H. Regil G. 2009. Evaluación multicriterio de los recursos turísticos. Parque Nacional Nevado de Toluca, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo* 18: 208-226.

- Gómez B., E. y R. De Groot. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: Explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas XVI(3)*: 4-14.
- INEGI. 1982. Carta Topográfica E14B31 (Chalco) Escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- INTECO. 2009. Guía de validación y verificación. Laboratorio Nacional de Calidad del Software. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación. Gobierno de España. 81 p.
- Kimmel, J. R. 1999. Ecotourism as environmental learning. *The Journal of Environmental Education 30(2)*: 40-44.
- Kenan, O. (2006). Multiple criteria activity selection for ecotourism planning in Igneada. *Turk J. Agric For 30*: 153-164.
- López H., N. y A. Triviño P. 2004. Planificación y gestión sostenible de áreas recreativas en la comunidad Valenciana. *Cuadernos Geográficos 34*: 163-178.
- Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons. U.S.A. 392 p.
- Pérez de las Heras, Mónica. 2003. La guía del ecoturismo: o como conservar la naturaleza a través del turismo. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. 290 p.
- Pérez V., M. A.; M. J. González G., J. R. Valdez L. 2011a. Métodos para determinar la aptitud ecoturística de áreas forestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. (En proceso de arbitraje).
- Pérez V., M. A.; M. J. González G., J. R. Valdez L., H. M. De Los Santos P., G. Ángeles P. 2011b. Diseño de un sistema de cómputo para determinar aptitud ecoturística de áreas forestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. (En proceso de arbitraje).
- Pérez V., M. A.; M. J. González G., J. R. Valdez L., H. M. De Los Santos P., G. Ángeles P. 2011c. Manual de usuario: Sistema de cómputo para determinar la aptitud ecoturística de áreas forestales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 28 p.
- Pinkus R., M. J. 2009. Política ecológica y ecoturismo. Uso y apropiación de los territorios mayas en Tabasco. *Revista Pueblos y Fronteras Digital 5(8)*: 127-175.
- Romero, C. 1993. Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Edit. Alianza Editorial. Madrid, España. 191 p.

- Sánchez G., A. y L. López M. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica* 74(1): 47-71.
- Senol, S., S. Kilic y F. Evrendilek. 2003. Evaluation of land use potential and suitability of ecosystems in Antakya for reforestation, recreation, arable farming and residence. *Turk J. Agric For* 27:15-22.
- Wunder, S. 1999. Promoting forest conservation through ecotourism income? A case study from the Ecuadorian Amazon region. CIFOR. *Ocasional paper* No. 21. 24 p.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES E IMPLICACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

La sociedad, en búsqueda de su desarrollo, ha hecho uso de los recursos naturales para satisfacer sus necesidades, desde las más elementales como la alimentación, vestido y vivienda hasta las más complejas como las de autorrealización; en un nivel intermedio de esta extensa gama de necesidades se encuentra la recreación a través de la cual el hombre busca reponer las energías física y mental gastadas durante el trabajo cotidiano, facilitar el desarrollo de valores espirituales y complementar los procesos de aprendizaje y desarrollo cultural. Una de las formas de recreación corresponde a la que ocurre al aire libre y más específicamente en los espacios naturales; en este sentido, los ecosistemas naturales conforman el entorno físico capaz de albergar actividades de recreación entre ellas las del turismo, proveyendo así el medio para el desarrollo de una serie de valores sociales que se constituyen en un elemento fundamental de la salud física y mental, educación, identidad cultural, libertad, valores espirituales, entre otros; de esta manera, los sistemas naturales constituyen una fuente crucial de bienestar no material, que además resulta indispensable para una sociedad sustentable.

El turismo, como una actividad que busca satisfacer una forma de recreación, se ha convertido en una de las industrias más importantes en el mundo por el número de personas que emplea así como por la cantidad de demanda que satisface pero se ha

masificado a tal grado que la presión turística es cada vez mayor y se ejerce en muchos más parajes que nunca, propiciando el deterioro de los espacios naturales.

Ante una situación en la que en muchos de los casos se ha hecho un uso indiscriminado e irracional de tales recursos, se han ido gestando corrientes filosóficas e ideológicas que han contribuido a un creciente desarrollo del pensamiento ecológico de cuyo seno van surgiendo conceptos como el de turismo de naturaleza, sostenible, bajo impacto, alternativo, entre otros, que buscan el cuidado y conservación de los recursos. Como parte de este desarrollo y más específicamente del turismo alternativo, ha surgido el concepto de ecoturismo cuya filosofía es el generar beneficios para las comunidades locales a través de la generación de empleos y de recursos económicos a partir de la explotación de la belleza natural de los espacios, trayendo consigo beneficios potenciales como la generación de fondos para la protección de áreas, la promoción de educación ambiental y sobre todo, la concientización sobre la conservación.

Sin embargo, una iniciativa de ecoturismo debe estar sujeta a una cuidadosa planificación en donde se ponga especial cuidado en que las actividades a desarrollar correspondan a las cualidades del espacio para acogerlas; ante este panorama de toma de decisiones se requiere de instrumentos y herramientas que puedan auxiliar en la elección de las mejores alternativas. En este aspecto, a través de la investigación se ha ido generando una base de conocimiento en el campo de la “teoría de decisiones” así como de tecnología en el campo de los “sistemas de información geográfica” que han sido aplicados al manejo y conservación de los recursos naturales.

El presente estudio diseñó y aplicó un software que permite automatizar una metodología para la evaluación de la aptitud ecoturística; esta metodología permite contrastar las condiciones necesarias para el desarrollo de una actividad ecoturística con las cualidades del ambiente de un espacio, a fin de estimar el grado de compatibilidad a través de un valor de aptitud.

El estudio contempló cuatro objetivos: El primero consistió en explorar temas y conceptos relacionados con la aptitud ecoturística; este objetivo permitió ubicar el contexto de la relación ambiente-sociedad a través del uso de los espacios naturales como un medio para satisfacer la necesidad de recreación y las consecuencias de deterioro de los recursos derivadas de ello. De igual manera, exploró antecedentes sobre instrumentos y herramientas que pueden auxiliar la toma de decisiones para la resolución de estos problemas.

El segundo objetivo realizó la exploración de trabajos de investigación que aplican metodologías para la evaluación de la aptitud enfocadas hacia ecoturismo; dicha exploración permitió el conocimiento del estado que guarda la investigación en este tema. La finalidad de la exploración fue el conocer las metodologías de evaluación de aptitud para realizar una recopilación de las técnicas susceptibles de ser utilizadas para la conformación de una nueva propuesta metodológica que fuera el motor de un sistema de cómputo que permitiera automatizar el proceso.

El tercer objetivo se centró en el diseño y creación de un sistema de cómputo que realiza el proceso de evaluación de aptitud ecoturística; el sistema recibe como entrada

información social con respecto a las condiciones adecuadas para la realización de una actividad ecoturística así como la información temática correspondiente; el producto fue un mapa en formato de datos raster cuyas celdas albergan un valor entre 0 a 1 que representa la aptitud o compatibilidad de las condiciones de ese espacio (celda) con aquellas necesarias para el desarrollo de la actividad ecoturística de interés, siendo 0 nula aptitud y 1 completa aptitud.

Finalmente, el cuarto objetivo realizó la validación del sistema, la cual consistió en comprobar si los resultados generados por el sistema coincidían con el desempeño operacional esperado; para ello se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a personas que tuvieran cierta experiencia y conocimiento sobre condiciones del ambiente necesarias para el desarrollo de actividades ecoturísticas particulares (campismo, caminata, día de campo, etc.). Además, se recopiló información temática correspondiente del área de interés; esta información fue procesada por el sistema para generar mapas de aptitud de las actividades ecoturísticas de interés. En esta etapa se pudo comprobar un desempeño adecuado y confiable del sistema.

Por último, es importante mencionar que se cuenta con un Manual de Usuario para la operación del sistema que detalla el proceso de determinación de aptitud en forma sencilla y accesible a cualquier tipo de usuario.

## **5.2. IMPLICACIONES**

### **5.2.1 Fortalezas y debilidades**

#### **Fortalezas**

La parte medular del estudio lo constituye la creación del sistema de cómputo para la evaluación de la aptitud; un primer aspecto de relevancia, inherente al sistema, es la automatización del proceso; la automatización conlleva dos fortalezas no siempre perceptibles a simple vista: Una de ellas corresponde a dejar en manos del robot (sistema-máquina) la ejecución de un proceso que puede ser de tamaño variable con la consecuente disminución tanto del tiempo (horas-hombre) destinado a la realización del proceso como del riesgo de error humano asociado; la otra fortaleza es la portabilidad del sistema lo cual significa que el sistema puede ser trasladado a cualquier lugar e instalarse en cualquier equipo incluso en equipos de mayor velocidad de procesamiento lo cual impactará nuevamente en la reducción del tiempo necesario para la ejecución del proceso.

El proceso ejecutado por el sistema incorpora una herramienta analítica de Evaluación Multicriterio de gran confiabilidad para la toma de decisiones que se integra con herramientas SIG de modelación cartográfica y que proveen al sistema de un gran potencial para el análisis espacial con respecto a la aptitud, potencial que puede ser extendido mediante la incorporación de técnicas o herramientas adicionales. Es importante mencionar que aunque este tipo de herramientas presentan un cierto grado de complejidad, el sistema permite que usuarios sin profundidad en el conocimiento de las mismas puedan realizar el proceso de manera sencilla.

Una bondad del sistema es la flexibilidad para permitir una evaluación al grado de detalle que la disponibilidad de información cartográfica lo permita; esto es posible gracias a una funcionalidad que permite la creación de un modelo de aptitud de manera interactiva en donde se puede ir confeccionando una representación de la situación que se pretende evaluar tan simple o detallada como los intereses del trabajo lo determinen; tal representación se logra a través de la incorporación de criterios, subcriterios y variables.

En realidad, el sistema puede ser aplicado no únicamente a la determinación de aptitud ecoturística sino a un gran número de situaciones de estudio de aptitud donde se pretenda ubicar los espacios más adecuados para un fin determinado en base al contraste de las características del espacio contra una serie de criterios y variables predefinidos. De esta manera, el sistema es susceptible de ser aplicado en la determinación de la potencialidad de zonas para diversos objetivos como el establecimiento de cultivos o plantaciones forestales; ubicación de construcciones, infraestructura o asentamientos urbanos; identificación de áreas para servicios ecosistémicos como captura de carbono, captación de agua, protección de biodiversidad; detección de zonas de riesgo en protección civil; identificación de zonas prioritarias para conservación; entre otros (lo cual desde luego representa por sí temas de investigación). Tal aplicación pueda ser implementada caracterizando, con suficiente grado de detalle, el uso o actividad de interés en términos de las condiciones requeridas para su buen desarrollo y allegándose de la información cartográfica necesaria correspondiente a los espacios alternativos donde pretende implantarse el uso o actividad para poder efectuar el contraste a través del sistema.

Finalmente, la mayor virtud del trabajo es en primer lugar, abordar el estudio de la potencialidad ecoturística desde el enfoque de la cuantificación de las cualidades de un espacio para responder a las condiciones necesarias para el desarrollo de una actividad particular; en segundo lugar es el abordar la potencialidad, no para un concepto general –en este caso ecoturismo– sino para actividades dentro del ecoturismo con características muy particulares; y en tercer lugar proponer una herramienta que permita automatizar el proceso de determinación pero sobre todo que puede ser complementada con metodologías alternas para incrementar la versatilidad de su aplicación.

Todas las cualidades mencionadas anteriormente, se constituyen en fortalezas del sistema constituyéndolo en una poderosa herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la planificación del uso de espacios naturales.

### **Debilidades**

A pesar de las diversas bondades que el sistema presenta, éste no está exento de limitaciones. Una de ellas es la disponibilidad de la información temática asociada a las condiciones que se evalúan, por lo que si ésta es escasa, el análisis de aptitud será muy limitado; un aspecto íntimamente ligado a la disposición de la información es la cuestión de la escala de la información temática; esto debido a que aunque estuviese disponible la información temática, si la escala no es la adecuada, el análisis de aptitud arrojaría resultados muy generales que pudieran carecer de utilidad. Otro aspecto crítico asociado es la calidad de la información. En este sentido, si la información no

corresponde con la situación del mundo real, cualquier resultado derivado de ella carecerá de valor.

Por otra parte, un aspecto crucial en la determinación de aptitud lo constituyen los juicios de valor de las personas encargadas de determinar tanto los elementos esenciales que deben participar en el proceso así como su importancia relativa dentro del mismo; en la medida en que tal información pueda ser acertadamente definida, en esa medida los resultados generados por el sistema serán de utilidad.

Los puntos mencionados anteriormente constatan una alta dependencia del sistema al factor humano, constituyendo tal situación una condición crítica de debilidad.

En el desarrollo del trabajo no se abordaron aspectos socioeconómicos, de impacto ambiental ni de capacidad de carga lo que desde luego propicia una visión parcial del fenómeno, situación que es entendible ante la magnitud y complejidad del mismo.

### **5.3 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN**

El desarrollo del trabajo permitió vislumbrar interrogantes necesarias de resolver para propiciar un mayor entendimiento de un fenómeno complejo como lo es el ecoturismo; tales interrogantes pueden constituirse en trabajos de investigación que generen nuevos aportes al conocimiento del fenómeno.

Es importante contar con lineamientos que permitan conocer en un primer acercamiento la posible vocación de los espacios para el desarrollo de actividades. Tales

lineamientos permitirán abordar en la manera más adecuada a los mejores informantes -que son quienes acuden a un lugar con un determinado propósito-; de esta manera se podrá obtener información sobre los intereses, motivaciones, gustos, preferencias y gran cantidad de información importante que permita conocer las cualidades del espacio.

Otro aspecto importante es el estudio de las condiciones del medio requeridas para el buen desarrollo de cada actividad en particular y su relación con el perfil de los visitantes en cuanto a nivel socioeconómico, edad, sexo, grado de preparación, motivaciones entre muchas otras. Tal conocimiento es de suma importancia para contestar la interrogante siguiente ¿Cómo evaluar la aptitud de un lugar para el desarrollo de una actividad sin conocer de qué condiciones requiere tal actividad?

Dado que las actividades ecoturísticas ocurren en un espacio es imprescindible la actualización o generación de la información temática necesaria para la realización de la evaluación, dicha información debe generarse en la escala adecuada.

Otro gran rubro de la investigación prioritaria en el campo de ecoturismo lo constituyen los temas tanto de impacto ambiental como de capacidad de carga; sin embargo, en igualdad de prioridad se encuentran los temas en el campo social, en torno al fenómeno del ecoturismo, correspondientes a valores, ética, beneficios psico-sociales, actitud, interacción animal-humano, entre otras más.

Como se comentó anteriormente, el ecoturismo es un fenómeno complejo, la implementación de un proyecto ecoturístico implica una serie de aspectos que deben cubrirse para dar mayor certeza a su desarrollo entre ellos, de manera general, se encuentran:

- (a) Organización comunitaria y autodiagnóstico: Organización comunitaria, planeación rural, autodiagnóstico, y constitución legal.
- (b) Estudio geo-socioeconómico: Ubicación geográfica, entorno físico, entorno social y cultural, y entorno económico.
- (c) Diagnóstico turístico: Inventario de recursos naturales y culturales, análisis y jerarquización de los recursos, actividades a desarrollar de acuerdo a la vocación de los recursos, ordenamiento del espacio comunitario, y viabilidad del proyecto.
- (d) Estudio de mercado: Análisis de la demanda y de la oferta, y definición del mercado meta.
- (e) Estudio técnico: Diseño de productos turísticos alternativos, estructura organizacional, educación y capacitación, marco legal, acciones y medidas complementarias, estudio de impacto ambiental, y capacidad de carga
- (f) Comercialización: Presupuesto preliminar
- (g) Estudio financiero: Proyección de la demanda, proyección e ingresos, proyección de egresos, fuentes de financiamiento

De la extensa complejidad inmersa en la implementación de un proyecto ecoturístico, el sistema de cómputo tiene el potencial de contribuir en una parte que es la referente al análisis biofísico para determinar la vocación de los recursos a través del estudio de

variables ambientales, en donde personas, agrupaciones o instituciones interesadas en invertir en tal tipo de proyectos podrían beneficiarse mediante su aplicación; sin embargo, cada elemento enlistado para la implementación de un proyecto representa en sí un vasto campo de estudio a incursionar.

**CAPÍTULO VI**  
**ANEXOS**

**Anexo 1.** Encuesta para caracterizar las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de actividades ecoturísticas en la **Sierra Nevada de Texcoco**.

---

Sección A. Datos de identificación.

---

1-. ¿Qué actividad ecoturística le gusta practicar? (Marque solo la actividad de mayor preferencia, para la cual proporcionará la información).

a) Acampar  b) Caminata  c) Día de campo  d) Otra (especifique):\_\_\_\_\_

2. ¿Qué tiempo lleva practicando tal actividad?:

a) 1-3 años  b) 4-6 años  c) 7-9 años  d) 10-12 años  e) Más de 12 años

3. Sexo : a) Femenino  b) Masculino

4. Edad (años): a) 5-12  b) 13-18  c) 19-25  d) 26-40  e) 41-60  f) >60

5. Escolaridad:

a) Primaria  b) Secundaria  c) Bachillerato

d) Licenciatura  e) Postgrado  f) ninguna

6. Lugar de residencia actual:

a) Texcoco  b) D.F.  c) Otro estado o lugar  ¿Cual? : \_\_\_\_\_

7. Ocupación: \_\_\_\_\_

---

Sección B. Información de condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de actividades ecoturísticas para la zona de la **Sierra Nevada de Texcoco**.

---

**CRITERIO “ACCESIBILIDAD”**

**Distancia a núcleos de población**

¿Cuál cree que sea la distancia más adecuada (en metros), del sitio donde se desarrolle la actividad ecoturística respecto al núcleo de población más próximo? \_\_\_\_\_ . No importa la distancia: \_\_\_\_\_ No sé: \_\_\_\_\_

**Distancia a caminos**

¿Cuál cree que sea la distancia más adecuada (en metros), del sitio donde se desarrolla la actividad ecoturística con respecto al camino más cercano? \_\_\_\_\_ . No importa la distancia: \_\_\_\_\_ No sé: \_\_\_\_\_

**CRITERIO “TOPOGRAFÍA”**

**Altitud**

¿Podría indicar cuál es la altitud más adecuada (metros sobre el nivel del mar) del lugar donde se desarrolle la actividad ecoturística? \_\_\_\_\_ . No importa la altitud: \_\_\_\_\_ No se: \_\_\_\_\_

**Pendiente**

¿Cuál cree que sea el intervalo de inclinación del terreno más propicio para desarrollar la actividad ecoturística? (Puede orientarse con la Figura 6.1 y puede escribir valores intermedios a los que ahí aparecen). De \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ . No importa la inclinación del terreno: \_\_\_\_\_ No se: \_\_\_\_\_

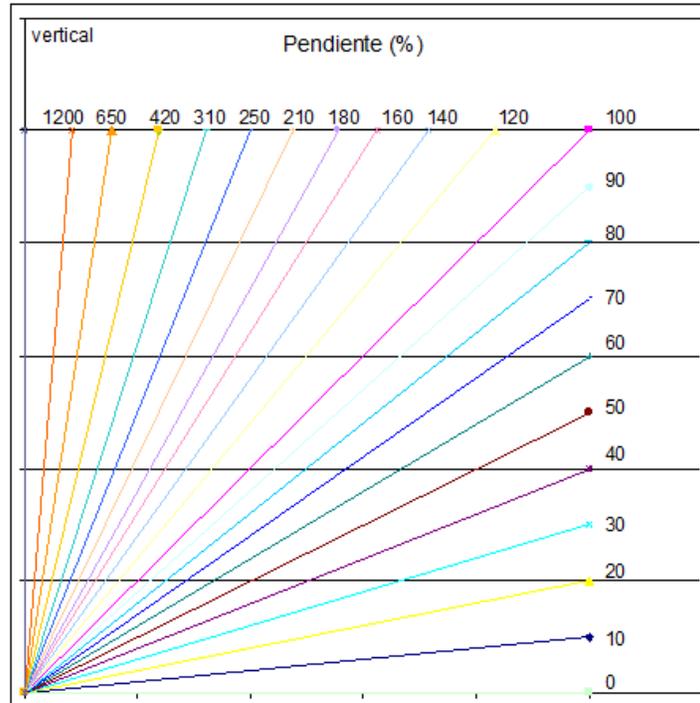


Figura 6.1. Muestra para pendientes de terreno (%).

## CRITERIO “AGUA “

### Distancia a manantiales

¿Cuál cree que debería ser la distancia más adecuada (en metros), del sitio o lugar donde se desarrolla la actividad ecoturística respecto a un manantial? \_\_\_\_\_.  
 No importa la distancia: \_\_\_\_\_ No se: \_\_\_\_\_

### Distancia a cauces

¿Cuál cree que debería ser la distancia más adecuada (en metros), del lugar donde se desarrolla la actividad ecoturística respecto al cauce de agua (limpia) más cercano? \_\_\_\_\_.  
 No importa la distancia: \_\_\_\_\_ No se: \_\_\_\_\_

## CRITERIO “VEGETACIÓN”

Marque con una X los atributos de vegetación de su preferencia para el lugar donde se desarrolle la actividad ecoturística, puede marcar varios tipos de vegetación si lo desea.

**Bosque:**

**Origen:**

- (a) Natural: \_\_\_\_\_
- (b) Artificial: \_\_\_\_\_
- (c) Ambos: \_\_\_\_\_
- (d) Sin vegetación: \_\_\_\_\_

**Composición de la masa arbolada:**

- (a) Pura (especificar abajo): \_\_\_\_\_
- (b) Mezclada (especificar abajo): \_\_\_\_\_

**Especie(s) preferida(s):**

\_\_\_\_ Oyamel      \_\_\_\_ Pino      \_\_\_\_ Encino      \_\_\_\_ Cedro blanco  
\_\_\_\_ Pino-Encino      \_\_\_\_ Pastizal      \_\_\_\_ Sin vegetación      \_\_\_\_ Táscate  
\_\_\_\_ Otra(s) (especifique): \_\_\_\_\_

---

Sección C. Valores de prioridad o importancia para los criterios y variables de las condiciones ambientales de la sección anterior.

---

### **IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES**

Por favor, compare las dos condiciones en cada recuadro, determine cual es más importante y sobre la línea adjunta coloque el valor que indica en que medida es más importante que su pareja, el valor debe ser tomado del Cuadro 6.1. Si determina que son de igual importancia, la tabla indica que debe anotar el valor 1, éste puede escribirlo en cualquiera de las dos condiciones.

Distancia a núcleos de población \_\_\_\_\_ Distancia a caminos \_\_\_\_\_

Altitud \_\_\_\_\_ Pendiente \_\_\_\_\_

Distancia a manantiales \_\_\_\_\_ Distancia a cauces \_\_\_\_\_

Cuadro 6.1. Escala de intensidad de importancia.

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos condiciones contribuyen de igual manera al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio moderadamente a favor de una condición sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio fuertemente a favor de una condición sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte o importancia demostrada	Una condición es fuertemente favorecida sobre la otra.
9	Extrema importancia	La evidencia favorece una condición sobre la otra en el orden de afirmación más alto posible.
2, 4, 6, 8	La escala considera valores enteros intermedios (2, 4, 6, 8) los cuales se omiten con fines de simplicidad.	

## IMPORTANCIA DE LOS CRITERIOS

Por favor escriba en el Cuadro 6.2 los valores de importancia correspondiente a los criterios:

En este caso debe tomar un elemento de la Columna de criterios para determinar su importancia con respecto a cada elemento de la Fila de criterios escribiendo en la celda de intersección el valor que representa en qué medida el primero es más importante

que el segundo; nuevamente el valor será tomado del Cuadro 6.1. En caso de que el segundo elemento sea el de mayor importancia, la forma de representarlo será anteponiendo “1/” al valor de importancia que usted determine.

Nota: Las celdas con valor 1 o X no se llenan debido a que el valor 1 indica que se esta comparando la misma condición y las celdas con valor X quedan determinadas cuando se establecen el valor en las celdas que están en blanco.

Cuadro 6.2. Valores de importancia de criterios.

Columna de criterios	Fila de criterios			
	Accesibilidad	Topografía	Agua	Vegetación
Accesibilidad	1			
Topografía	X	1		
Agua	X	X	1	
Vegetación	X	X	X	1

## **Anexo 2.** Ejemplo didáctico para la determinación de la aptitud.

Una Unión de ejidos posee zonas de bosques; a través del tiempo, el Comité de la Unión ha observado que grupos de personas visitan las áreas para realizar algún tipo de actividad. En una ocasión sucedió un encuentro espontáneo entre el Comité de la unión y un grupo de personas que visitaron el área; en ese encuentro el grupo de personas comentó que las áreas de bosque contaban con potencial para el desarrollo de actividades ecoturísticas y que en el caso particular del grupo la actividad de interés era la de “observación de aves”. En base a ello el Comité de la Unión se interesó en promover en forma organizada la visita de grupos interesados en la observación de aves a las áreas de bosque para que puedan desarrollar tal actividad; por tal razón el Comité necesita identificar los espacios más adecuados (de mayor aptitud) dentro de los bosques para promover tal actividad, esto con la finalidad de crear un proyecto en base a zonas bien definidas.

Para poder identificar las áreas de interés, el Comité necesita saber cuáles son las condiciones que éstas deben poseer con respecto a la actividad que se desea desarrollar; para conocer tal información existen varias posibilidades, una es acudir con un especialista para que con base en su experiencia pueda plantear tal información, otra posibilidad es buscar en la literatura dicha información, y la última es recabar la información a través de una encuesta; el enlistar estas tres opciones no quiere decir que no haya otras, sino que éstas son las más cercanas al Comité. En un análisis de las diferentes opciones, y dado que el objetivo es promover las visitas a las áreas de bosque con grupos interesados en la observación de aves, el Comité determina que los

propios grupos que practican tal actividad, sería lo más adecuado para determinar qué condiciones consideran más convenientes para que se puedan desarrollarla, desde luego a través de la persona que se encarga de planificar y coordinar ese tipo de actividades.

Así, el Comité de la unión contacta a la persona que coordina a los grupos, quién por cierto es una persona de experiencia en la actividad y tiene buen conocimiento de la zona, para ofrecer en una forma más amplia y organizada las áreas de bosque para el desarrollo de la actividad de interés y para pedirle información sobre las condiciones que deben poseer los espacios para poder desarrollar la actividad en cuestión. De esta manera, el coordinador de grupos determina cuáles son las condiciones ideales que deben poseer los espacios, desde el punto de vista de sus necesidades.

#### Condiciones de los espacios

El coordinador de los grupos establece las condiciones (planteadas en forma de criterios y subcriterios si los hubiese) así como las características (variables) del medio necesarias para el desarrollo de la actividad. Esta información es posible representarla en forma de una jerarquía de criterios, subcriterios y variables, lo cual en el ámbito de la evaluación de aptitud, constituye un “modelo de aptitud”; en este modelo, el nivel más alto corresponde a la meta que se pretende alcanzar que es la determinación de aptitud; esta aptitud está en función de los niveles subyacentes hasta el inferior, el nivel inferior corresponde a las variables.

Con la información proporcionada por el coordinador de grupos de observadores de aves se establece el modelo de aptitud correspondiente (Figura 6.2):

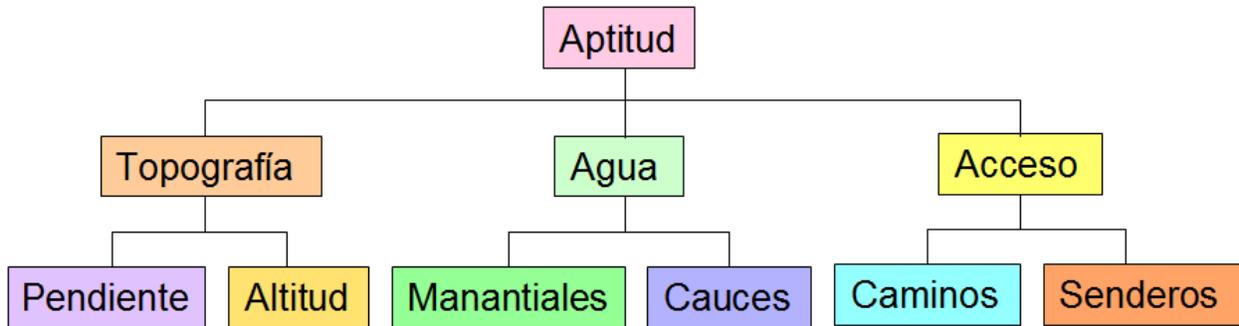


Figura 6.2. Modelo de aptitud para la actividad “observación de aves”.

El modelo indica que las condiciones importantes para el desarrollo de la actividad de interés son: Topografía, agua y acceso (las cuales corresponden a los criterios); a su vez las características (variables) a considerar son pendiente y altitud correspondientes al criterio de topografía, distancia a manantiales (manantiales) y distancia a cauces de agua (cauces) correspondientes al criterio agua, por último, distancia a caminos (caminos) y distancia a senderos (senderos) correspondientes al criterio acceso.

Los criterios y variables establecidas en el modelo tienen que ver con la interacción que hay entre la actividad a desarrollar y las condiciones del medio; por ejemplo, la distancia a cuerpos de agua (como manantiales o cauces) puede influir en una mayor presencia o ausencia de aves, que es el propósito fundamental en el desarrollo de la actividad; otro ejemplo es la pendiente que en este caso influirá en el acceso de las personas a las zonas, de que serviría un lugar con gran cantidad de aves si es muy difícil su desplazamiento a través de él; y así sucesivamente con cada una de las condiciones.

Así, un modelo puede ser de una gran complejidad; es decir, incluir una diversidad de criterios, subcriterios y variables sin que haya restricción en cuanto al número de niveles que presente. El presente caso es sólo un ejemplo didáctico en el que se presenta un modelo sencillo solo con fines ilustrativos.

En el sistema para la determinación de aptitud, el modelo quedaría implementado como se muestra en la Figura 6.3.

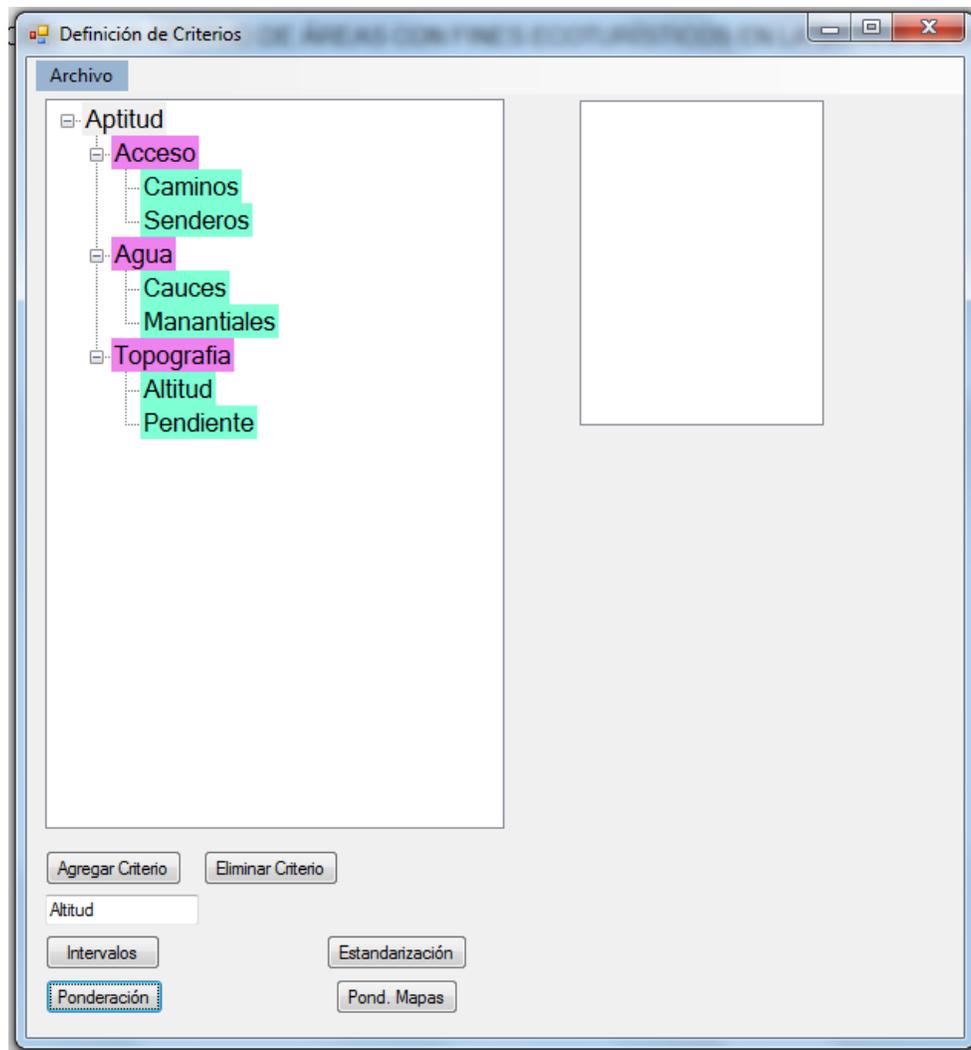


Figura 6.3. Componente para la creación del modelo de aptitud.

## Intervalos de aptitud

Una vez definido el modelo, lo cual implica que están definidas las variables, el paso siguiente es establecer para cada una de ellas, los valores más adecuados para el desarrollo de la actividad; los valores son expresados en forma de intervalos, de acuerdo al grado en que satisfacen los requerimientos exigidos por la actividad, dichos intervalos son denominados “intervalos de aptitud”; el número de intervalos puede ser variado y dependerá de los objetivos y criterio de la persona que define las condiciones, para este caso, el coordinador de los grupos. Para este ejemplo, el coordinador de los grupos establece cuatro intervalos de aptitud que corresponden a los niveles de aptitud alta (S1), media (S2), baja (S3) y marginal (N); de esta manera S1 representa el intervalo ideal y N el intervalo más alejado del considerado como óptimo; así los intervalos establecidos por el coordinador pueden observarse en el Cuadro 6.3:

Cuadro 6.3. Intervalos de aptitud para las variables del modelo de aptitud.

Aptitud	Pendiente (%)	Altitud (msnm)	Manantiales (m)	Cauces (m)	Caminos (m)	Senderos (m)
S1	0-10	2400-2900	0-500	0-500	1000-1500	0-100
S2	10-20	2900-3200	500-1000	500-1000	1500-2000	100-200
S3	20-30	3200-3500	1000-1500	1000-1500	2000-2500	200-300
N	30-40	3500-3800	1500-2000	1500-2000	2500-3000	300-5000

## Valores para estandarización de variables

El paso siguiente es que el coordinador de los grupos asigne un valor de comparación entre los diferentes niveles de aptitud, esto para cada variable por separado; para ello se establece una matriz en donde, tanto filas como columnas corresponden a los niveles de aptitud y en la celda de intersección se coloca el valor que compara a los

niveles de aptitud correspondientes, el ejemplo de dicha matriz puede observarse en el Cuadro 6.4.

Cuadro 6.4. Matriz de comparaciones para niveles de aptitud

	S1	S2	S3	N
S1	1			
S2		1		
S3			1	
N				1

El valor comparativo, representa la medida en que el nivel de aptitud correspondiente a la fila supera al nivel de aptitud correspondiente a la columna en cuanto a la satisfacción del requerimiento (con respecto a la variable en cuestión) para el óptimo desarrollo de la actividad. En la matriz se observa una diagonal de celdas con valor de 1, esto sucede cuando se compara el nivel de aptitud consigo mismo por lo que ya no es necesario establecer un valor; en las celdas que están por debajo de la diagonal de valores 1 tampoco es necesario anotar un valor, la razón es que su valor esta definido como el recíproco de su celda homologa por arriba de la diagonal; la coloración en las celdas es para hacer notar que las celdas coloreadas no se deben llenar; es decir, solo basta con llenar las celdas por arriba de la diagonal.

El valor comparativo se toma del Cuadro 6.5. La lógica para la inserción de valores comparativos es la siguiente: Se toma el nivel de aptitud de la primera fila de la matriz (S1) y se compara con el nivel de aptitud de la segunda columna de la matriz (S2) (recordar que no se toma la primera columna porque el nivel de aptitud es el mismo que el de la primera fila) bajo el razonamiento ¿En qué magnitud de la escala mencionada, el nivel de aptitud de la fila supera al nivel de aptitud de la columna?, para lo cual se co-

Cuadro 6.5. Escala Fundamental del Proceso Analítico Jerarquizado.

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos condiciones contribuyen de igual manera al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio moderadamente a favor de una condición sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio fuertemente a favor de una condición sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte o importancia demostrada	Una condición es fuertemente favorecida sobre la otra.
9	Extrema importancia	La evidencia favorece una condición sobre la otra en el orden de afirmación más alto posible.
Recíprocos	Si se asigna $a_{ij}$ al comparar la actividad $i$ con la $j$ , entonces se asigna $a_{ji} = 1/a_{ij}$ al comparar la $j$ con la $i$ . La escala considera valores enteros intermedios (2, 4, 6, 8) los cuales se omiten con fines de simplicidad.	

loca en la celda respectiva el valor que responda al razonamiento planteado. Si sucediera que el nivel de aptitud de la columna supera al nivel de aptitud de la fila, la forma de expresarlo es colocando "1/" antes del valor de la escala.

En esta mecánica, el coordinador de los grupos establece las matrices del cuadro 6.6.

Cuadro 6.6. Matrices de comparación para valores de importancia de niveles de aptitud de variables.

Pendiente					Altitud					Manantiales				
	S1	S2	S3	N		S1	S2	S3	N		S1	S2	S3	N
S1	1	2	3	4	S1	1	3	4	5	S1	1	2	3	5
S2		1	2	3	S2		1	3	4	S2		1	2	4
S3			1	2	S3			1	3	S3			1	2
N				1	N				1	N				1
Cauces					Caminos					Senderos				
	S1	S2	S3	N		S1	S2	S3	N		S1	S2	S3	N
S1	1	2	3	5	S1	1	2	3	4	S1	1	2	4	5
S2		1	2	3	S2		1	2	2	S2		1	2	3
S3			1	2	S3			1	2	S3			1	3
N				1	N				1	N				1

Este proceso tiene como finalidad generar los valores para estandarización de variables, es decir llevar los valores de las diferentes variables a una escala común con valores entre 0 y 1 de manera que pueda realizarse operaciones entre los valores estandarizados de las variables.

En el sistema tanto los intervalos de aptitud como valores para estandarización de variables quedarían implementados como se muestra en la Figura 6.4.



Figura 6.4. Ventanas para definición de intervalos y valores de importancia para niveles de aptitud de variables.

## Valores de importancia de criterios

El último paso es que el coordinador de los grupos, en una lógica similar a la del paso anterior, asigne valores de comparación entre las variables dentro de cada criterio así como entre los criterios, la forma de incorporar estos valores es nuevamente a través de matrices de comparaciones siguiendo la mecánica del paso anterior. En este caso los elementos en las filas y columnas de las matrices no serán los niveles de aptitud sino las variables y los criterios en el caso que corresponda. Una característica particular en este paso es que el significado del valor de comparación entre los elementos de la matriz representa la contribución o importancia con que cada elemento participa en la definición de la condición (criterio) superior. Un ejemplo para el caso de variables podría ser que en la conformación de la condición de topografía (criterio) el elemento pendiente (variable) reviste una mayor importancia que el elemento altitud (variable); en el caso de criterios, el ejemplo podría ser que la condición agua (criterio) reviste una mayor importancia que la condición topografía (criterio).

De esta manera el coordinador de los grupos establece las matrices de comparación para valores de importancia de variables (Cuadro 6.7) y criterios (Cuadro 6.8).

Cuadro 6.7. Matrices de comparación para valores de importancia de variables.

Topografía			Agua			Acceso		
	Pendiente	Altitud		Manantiales	Cauces		Caminos	Senderos
Pendiente	1	3	Manantiales	1	2	Caminos	1	1/3
Altitud		1	Cauces		1	Senderos		1

Cuadro 6.8. Matriz de comparaciones para valores de importancia de criterios.

	Topografía	Agua	Acceso
Topografía	1	1/3	1/2
Agua		1	3
Acceso			1

En el sistema, ambos tipos de matrices quedarían implementadas como se muestra en las Figuras 6.5 y 6.6.



Figura 6.5. Ventanas para valores de importancia de variables.

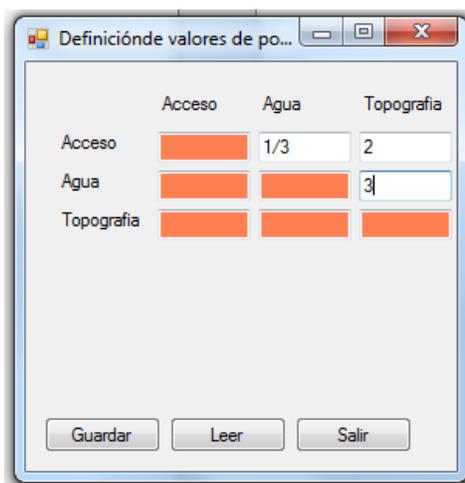


Figura 6.6. Ventana para valores de importancia de criterios.

Una vez que se ha conformado e incorporado al sistema la información para la evaluación de aptitud (la que se ha comentado anteriormente), la tarea indispensable siguiente es la incorporación de la información cartográfica en formato de datos raster correspondientes tanto a las variables como a las zonas de restricción, en este último caso si las hubiere. Es importante aclarar que en el caso de las variables de distancia a manantiales, cauces, caminos y senderos deben generarse previamente los mapas de zonas de amortiguamiento correspondientes, que son los que deberán ser ingresados al sistema. Los componentes del sistema encargados de la incorporación de información cartográfica correspondiente tanto a las variables como a las zonas de restricción se muestran en las Figuras 6.7 y 6.8.

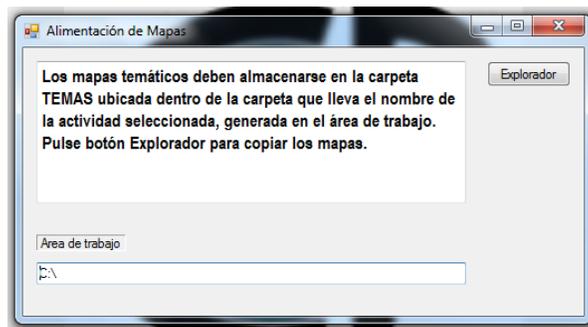


Figura 6.7. Ventana para la incorporación de información cartográfica correspondiente a variables.

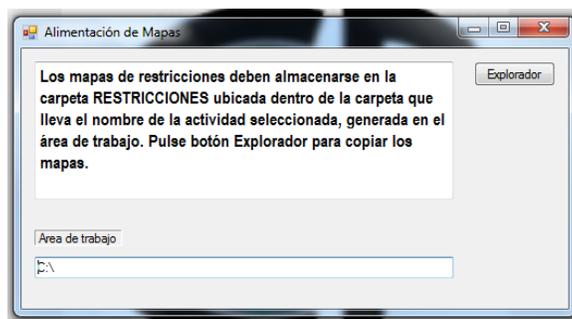


Figura 6.8. Ventana para la incorporación de información cartográfica correspondiente a zonas de restricción.

Con ello, el sistema está en capacidad de realizar el procesamiento de la información; tal procesamiento consiste de manera general en la síntesis de mapas correspondientes a los elementos en cada uno de los niveles de la jerarquía de criterios, desde su nivel inferior (variables) hasta llegar a su nivel superior que corresponde al mapa de aptitud.

Una vez generado el mapa de aptitud, con el visor de mapas del sistema, es posible observar que presentará valores de aptitud para cada celda raster en un continuo de 0 a 1 sin que haya un grupo definido; el valor 1 significa una aptitud total y el valor 0 significa ausencia total de aptitud, por ello opcionalmente, el mapa puede reclasificarse en clases definidas de aptitud, por ejemplo Excelente, Regular, Mala y Nula, de acuerdo a los intereses del estudio o del operador del sistema, para el ejemplo expuesto, de acuerdo a los intereses del coordinador de los grupos; el número de clases puede ser definido a juicio del coordinador de los grupos y no hay límite en su número. También, de manera opcional, este mapa puede ser cruzado con cualquier número de mapas de restricción para excluir las zonas incapacitadas para alojar la actividad de interés. Tanto la reclasificación como el cruzamiento con mapas de restricción se realizan desde el visor de mapas, para ello este componente presenta tres grupos de botones, el primero realiza operaciones de visualización de los mapas, el segundo realiza la operación de reclasificación y el tercero permite la operación de cruzamiento con mapas de restricciones; la ubicación de estos grupos de botones se puede observar en la Figura 6.9.

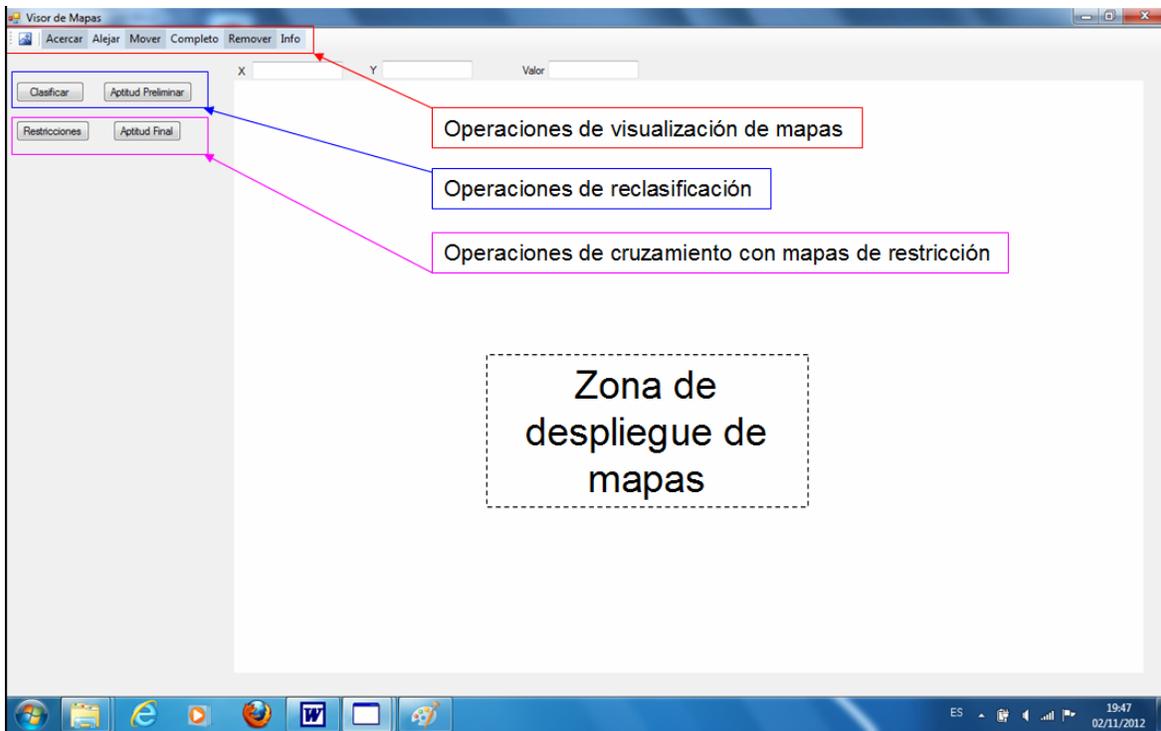


Figura 6.9. Componente del sistema para visualización de mapas.

Internamente, en términos generales, el sistema ejecuta las operaciones correspondientes al proceso jerárquico analítico de la evaluación multicriterio para generar los valores para estandarización de variables (correspondientes al último nivel del modelo de aptitud) así como valores de ponderación para cada elemento en cada uno de los niveles del modelo, incluyendo el de las variables. Una vez generados estos valores, en un proceso simultáneo, el sistema va procesando los mapas.

El proceso que desarrolla el sistema para llegar al mapa de aptitud final puede representarse en el esquema de la Figura 6.10.

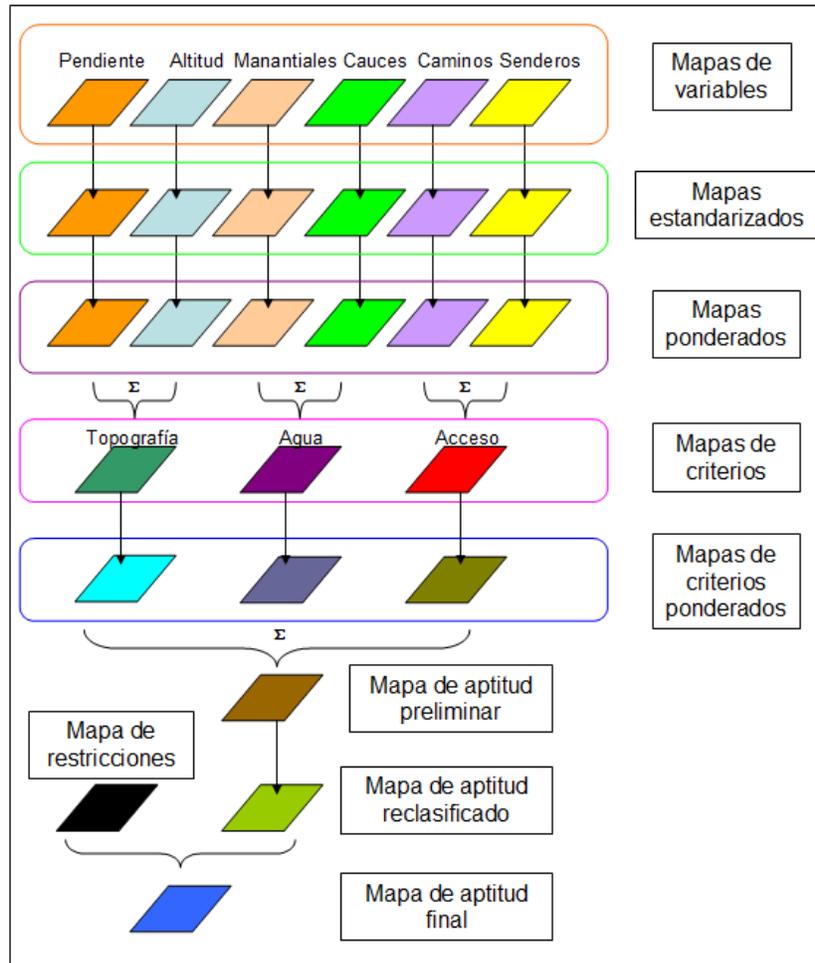


Figura 6.10. Proceso del sistema para generación de mapas de aptitud.

De esta forma, con la información del coordinador de los grupos y a través del sistema para determinación de aptitud se crea un mapa de aptitud donde el Comité de la Unión de ejidos puede identificar las zonas más adecuadas para el desarrollo de la actividad ecoturística de interés, para este ejemplo la observación de aves.

En realidad la evaluación de aptitud es un proceso complejo, pero como se comentó anteriormente, este ejemplo es únicamente para ilustrar la mecánica general de determinación de aptitud a través del sistema de cómputo creado para tal fin.