

## RESUMEN

Actualmente no existe una metodología establecida para la evaluación de itinerarios desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje, lo que representa un reto para realizar intervenciones integrales de paisaje. Por ello, en este texto se propone un modelo creado a partir del análisis multicriterio que estudia el paisaje desde dos medios integrados: el físico-biótico y el cultural-social. Dicho modelo se aplicó en las rutas recreativas de la Zona de Monumentos Arqueológicos Tetzcotzinco por su valor histórico y cultural, obteniendo como resultado fichas con información sintetizada y consideraciones para la intervención de dichas rutas.

**Palabras clave:** Análisis multicriterio

Paisaje

Patrimonio

Zona arqueológica

Evaluación de rutas

# Tetzcotzinco

## Un modelo de evaluación de itinerarios recreativos en zonas con valor patrimonial, cultural y natural

HIRAM MORENO RAMÍREZ / CARLOS D. PONCE TORRES

### Introducción

El Tetzcotzinco fue un jardín nahua en la región acolhua-chichimeca,<sup>1</sup> considerado como uno de los jardines más importantes de la región durante el siglo XVI y actualmente es uno de los más completos en su conjunto. Su extensión posiblemente abarcó desde el cerro homónimo hasta los manantiales que abastecieron su sistema hidráulico,<sup>2</sup> del cual se conservan vestigios.

Este jardín se localiza a 7 km de la ciudad de Texcoco de Mora, Estado de México, en una zona de transición entre elevaciones y la planicie aluvial. Existen instrumentos jurídicos para la protección del Tetzcotzinco, como una declaratoria de Reserva Estatal<sup>3</sup> y una Zona de Monumentos Arqueológicos (ZMA)<sup>4</sup> que abarca parte de sus vestigios (ver figura 1).

<sup>1</sup> Andrea Rodríguez, *Los jardines nahuas prehispánicos: una introducción desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, 2021, p. 40.

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 53.

<sup>3</sup> Declaratoria del 2001 [Poder Ejecutivo del Estado de México]. Por el que se establece el área natural protegida con la categoría de Reserva Estatal denominada "Sistema Tetzcotzinco", ubicada en el municipio de Texcoco, Estado de México. 4 de junio de 2001. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de México.

<sup>4</sup> Decreto del 2002 [Presidencia de la República]. Por el que se declara zona de monumentos arqueológicos el área conocida como Tetzcotzinco, ubicada en el Municipio de Texcoco, Estado de México. 2 de octubre de 2002. Diario Oficial de la Federación.

Actualmente existen itinerarios recreativos compuestos por rutas ciclistas y peatonales, algunas de éstas son de origen prehispánico<sup>5</sup> y conectan los espacios arqueológicos y manantiales. Las rutas peatonales son principalmente turísticas y tienen un carácter interpretativo por la naturaleza histórica y cultural del sitio. Las rutas ciclistas tienen un carácter de turismo de aventura al estar destinadas para ciclistas de montaña.

### Problemática

Esta red de senderos recibe una gran afluencia de visitantes de los poblados cercanos así como de otras regiones de México,<sup>6</sup> por lo que ofrece una oportunidad de dar a conocer, transmitir y proteger los valores históricos, culturales y ambientales del sitio. Sin embargo, existen problemas como una gestión deficiente, mala planeación de las rutas, usos inadecuados, apertura de espacios informales y falta de claridad en los recorridos,

<sup>5</sup> Según la tradición oral de los pobladores de San Dieguito Xochimanca y San Nicolás Tlaminca. Información recopilada durante los trabajos de campo en 2019-2020.

<sup>6</sup> Coordinación General de Comunicación Social, Gobierno del Estado de México, "Registran zonas arqueológicas del Edo. Méx. alta afluencia de visitantes por equinoccio de primavera", publicado el 21 de marzo de 2019, <<https://www.gem.gob.mx/medios/w2detalle.aspx?folio=5719>>.

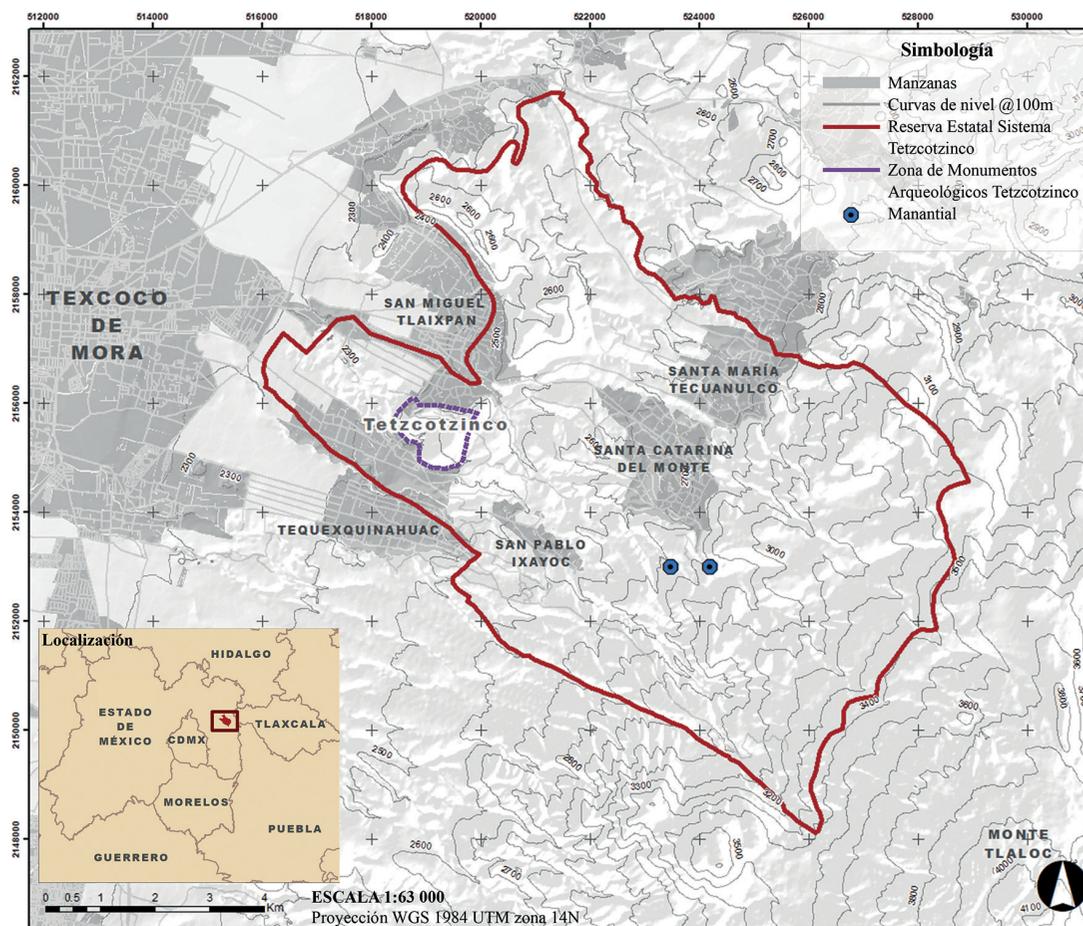


Figura 1

que provocan el deterioro de las rutas, los vestigios arqueológicos y ecosistemas circundantes. Actualmente no existe un análisis o medición del impacto de estos problemas en el sitio.

Por lo anterior, una evaluación de los itinerarios es necesaria, ya que a partir de los resultados se obtienen herramientas para la toma de decisiones con las cuales es posible diseñar rutas sustentables que se adapten a las condiciones del paisaje estudiado. La evaluación provee de información para determinar qué zonas con bienes patrimoniales requieren un mantenimiento prioritario, identificar posibles zonas de riesgo para los usuarios y para tomar decisiones sobre la gestión de nuevos itinerarios, la limitación del uso de algunos caminos y la modificación del trazo de rutas existentes o inclusive su clausura.

## Objetivo

Proponer un modelo de evaluación desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje para obtener información cartográfica que refleje la aptitud del territorio para sostener itinerarios y la calidad de los mismos.

## Metodología del Modelo para la evaluación de senderos

La construcción de este modelo toma como base un análisis de paisaje previo del Tetzcotzinco.<sup>7</sup>

Se decidió evaluar los itinerarios en dos etapas. La primera consiste en la evaluación del medio físico-biótico (MFB) con el propósito de determinar la aptitud del territorio para sostener los caminos y espacios. La segunda etapa se enfoca en el medio cultural-social (MCS)<sup>8</sup> y consiste en determinar la calidad de los itinerarios.

En ambas evaluaciones se decidió utilizar el análisis multicriterio, que permite jerarquizar las variables consideradas a través de una ponderación matemática de

<sup>7</sup> Jorge Badillo et al., *Tradición y Recreación en el jardín Tetzcotzinco. Evaluación e intervención de itinerarios procesionales, interpretativos y de aventura*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2021.

<sup>8</sup> Se partió de los medios MFB y MCS para estudiar el paisaje conforme al esquema de paisaje propuesto por: Andrea Rodríguez et al., *El paisaje y su estructura*, México, CIGA, FA-UNAM, 2020.

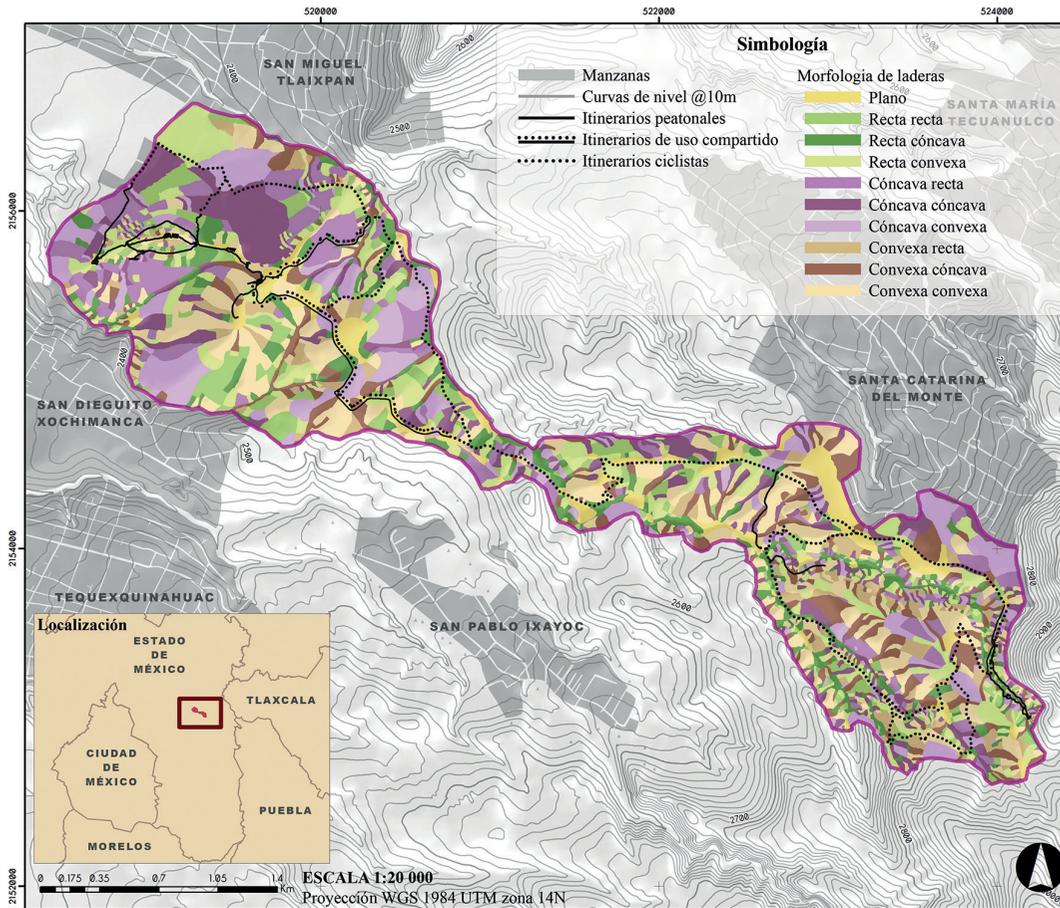


Figura 2

acuerdo con el nivel de influencia.<sup>9</sup> Para ello la información de cada atributo se categorizó y se le asignó un puntaje conforme al Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).<sup>10</sup>

En la segunda etapa también se utilizó el acercamiento censal por tramos en los senderos, debido a que tiene la ventaja de registrar problemas específicos de cada tramo así como su localización.<sup>11</sup> En este caso se registraron áreas de encharcamiento, daños a vestigios arqueológicos y zonas de estar improvisadas, entre otros.

Finalmente, se generaron fichas con información sintetizada de ambas etapas y consideraciones para la intervención de los itinerarios.

Para aplicar el modelo de evaluación se definió una

poligonal<sup>12</sup> enfocada en los recorridos peatonales recreativos y en las rutas ciclistas de montaña que conectan el cerro Tetzcotzinc con los manantiales.

### Parte uno: Físico-biótico

La evaluación del MFB determina la aptitud del territorio para sostener itinerarios a través del análisis de seis atributos: laderas, pendientes, cobertura vegetal, morfoalineamientos, suelos y asoleamiento. Estos atributos se seleccionaron por estar asociados a factores condicionantes de los procesos que afectan a los caminos, como la erosión y los deslizamientos. A pesar de que el agua es uno de los principales atributos relacionados con los procesos de degradación de senderos,<sup>13</sup> no presenta su

<sup>9</sup> Jesús Muñiz y Víctor Hernández, "Zonificación de procesos de remoción en masa en Puerto Vallarta, Jalisco, mediante combinación de análisis multicriterio y método heurístico", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, México, vol. 29, núm. 1, 2012, pp. 103-114.

<sup>10</sup> Conforme al proceso de análisis jerárquico establecido por: T.L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, EUA, McGraw-Hill, 1980.

<sup>11</sup> Jeffrey L. Marion y Yu-Fai Leung, "Trail Resource Impacts and An Examination of Alternative Assessment Techniques", *Journal of Park and Recreation Administration*, vol. 19, núm. 3, 2001, pp. 17-37.

<sup>12</sup> La poligonal abarca la ZMA Tetzcotzinc y los manantiales que lo abastecieron. Para trazar la poligonal, se partió principalmente de atributos del relieve como los límites de unidades geomorfológicas, la geometría de laderas en el sureste, ruptura de pendientes en el sur, así como por escurrimientos al noroeste.

<sup>13</sup> R. Houston, *Evaluation of Trail Impact Assessments for use at Oregon Parks and Recreation Department*, EUA, Oregon Parks and Recreation Department, 2012.

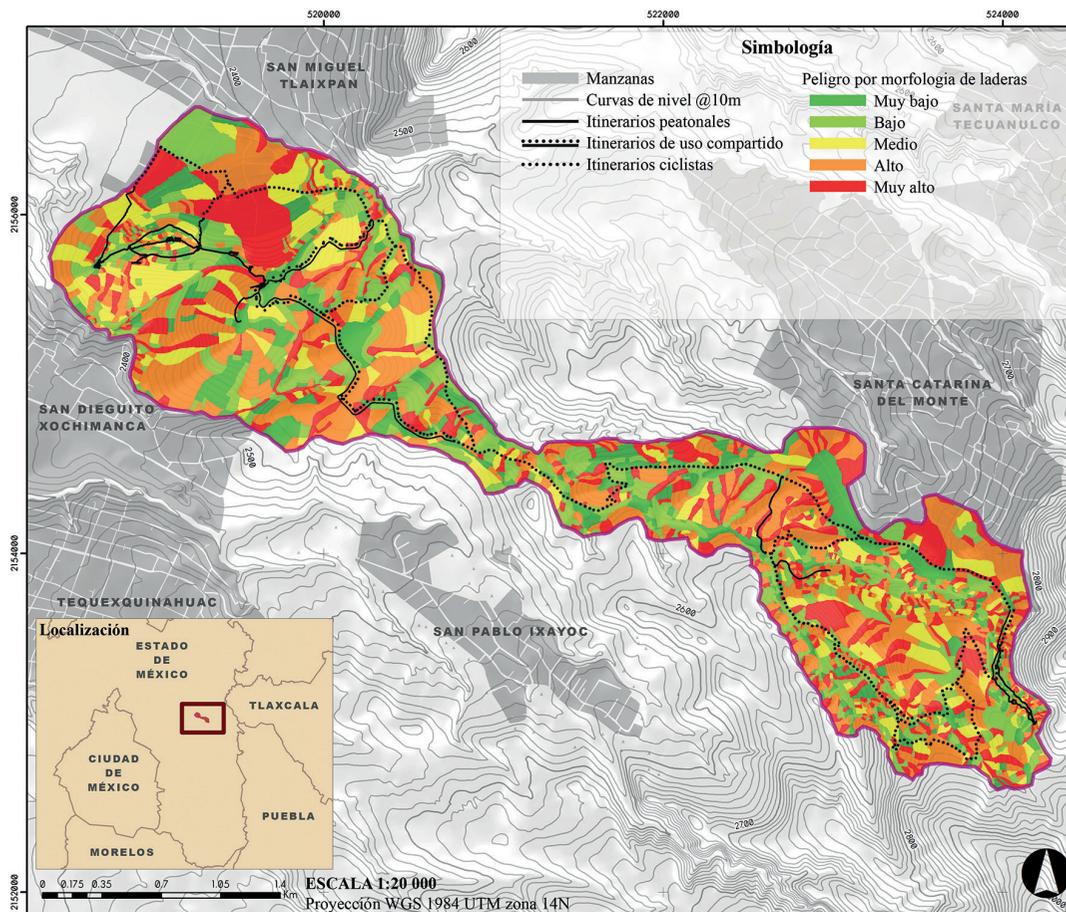


Figura 3

propia capa temática debido a que sus impactos se consideraron de manera indirecta en las laderas, pendientes, cobertura vegetal y suelos.

Para integrar la información de las capas temáticas, ésta se categorizó y se combinó con las laderas, las cuales se seleccionaron como unidad cartografiable. Para ello, por cada ladera se calculó una estadística con los valores promedio de cada categoría de las capas temáticas, dando como resultado seis mapas. Posteriormente, a la información de cada mapa se le asignó un valor jerárquico con base en una ponderación y se integró, dando como resultado el mapa *Aptitud de laderas para sostener caminos*.

### 1.1 Morfología de laderas

Una ladera se define como una porción inclinada de la superficie terrestre que delimita formas positivas y negativa<sup>14</sup> y se clasifican en nueve tipos con base en su

perfil y su planta,<sup>15</sup> presentando distintos procesos gravitacionales asociados.

La importancia de las laderas en la evaluación de itinerarios radica en que al clasificar el terreno por morfología de ladera se pueden reconocer puntos donde se concentra la energía; con la identificación de dichos puntos es posible implementar medidas preventivas en los tramos vulnerables de las rutas, asegurar su buen estado y reducir el costo de su mantenimiento.<sup>16</sup>

Debido a que no existe una capa temática de laderas, fue necesario inferir esta información con base en curvas de nivel 5m<sup>17</sup> (ver figura 2). Para su trazo se utilizó una escala 1:3,000 con una unidad mínima cartografiable

<sup>14</sup> José Lugo, *Diccionario geomorfológico*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2011, p. 235.

<sup>15</sup> Javier de Pedraza, et al., *Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones*, México, Rueda, 1996, p.120.

<sup>16</sup> Erika Miranda, *La importancia del manejo del paisaje en carreteras de México*, tesis de licenciatura en Arquitectura de Paisaje, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2006a.

<sup>17</sup> Obtenidas a partir de: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [Colección de Modelos Digitales de Elevación (MDT) LiDAR con resolución de 5 m 1:10000 de la carta E14B21 y E14B31] (1:10000). [Colección de .ASCII].

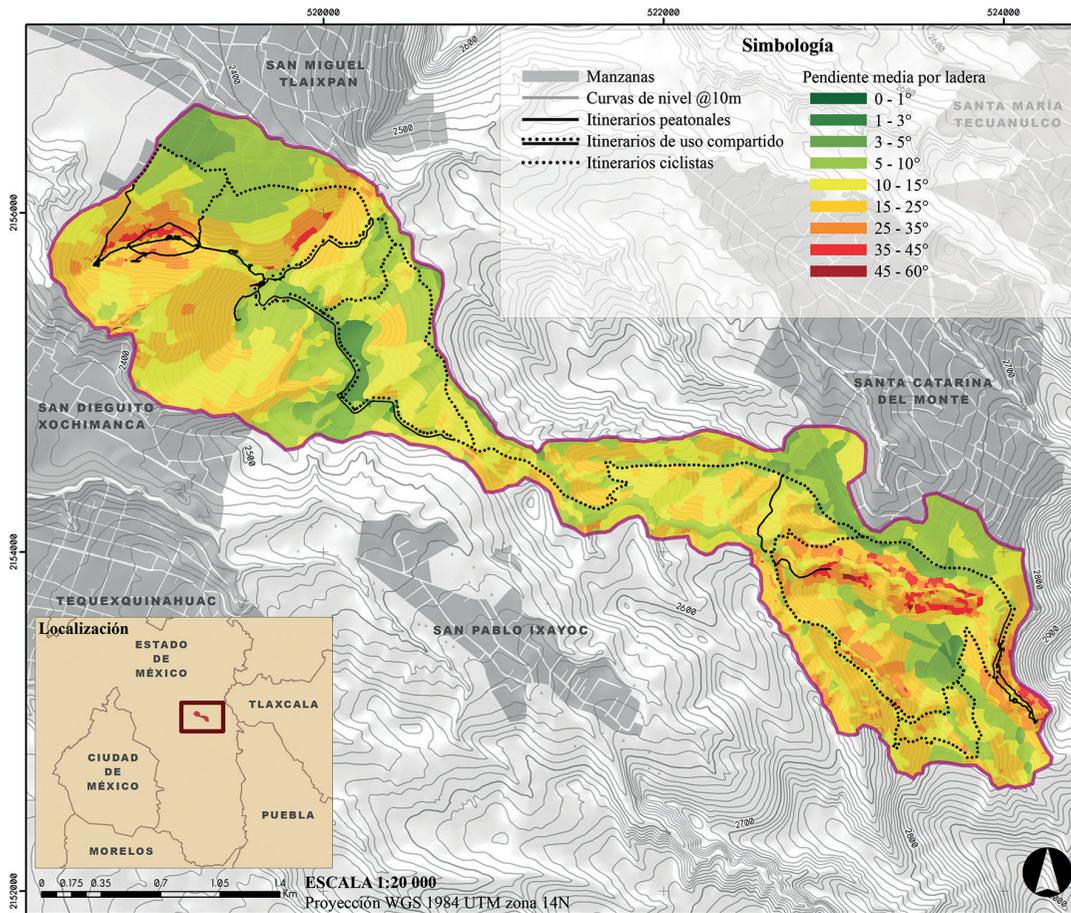


Figura 4

de 0.5 cm, haciendo énfasis en las laderas atravesadas por los senderos y que se ubican fuera de los asentamientos humanos.

Con la finalidad de utilizar los tipos de laderas como un parámetro en la evaluación de itinerarios, se agruparon en cinco categorías, dependiendo de su nivel de peligro derivado de su morfología y sus procesos asociados. A cada categoría se le asignó un valor entre 1 y 5, entre más alto sea el valor mayor es el peligro.

## 1.2 Pendientes

La importancia de las pendientes radica en que, dependiendo de la inclinación, aumenta la intensidad de los movimientos gravitacionales de remoción y la erosión.<sup>18</sup>

Para calcularlas, se utilizó un MDT<sup>19</sup> y posteriormente

se definieron 10 rangos de pendiente según sus procesos, dinámicas y usos recomendados<sup>20</sup> (ver figura 4).

## 1.3 Cubierta vegetal

La importancia de la cubierta vegetal radica en su papel para proteger al suelo de agentes erosivos como el viento y la lluvia;<sup>21</sup> además, el sistema radicular de las plantas mitiga los procesos de ladera al proveer una mayor estructura y estabilidad al suelo.<sup>22</sup>

Con el fin de utilizar la cobertura vegetal como un parámetro de evaluación, se detalló la información obtenida de INEGI<sup>23</sup> con base en imágenes satelitales. A partir

<sup>18</sup> José Lugo, *Diccionario geomorfológico*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2011, p. 236.

<sup>19</sup> Obtenido a partir de INEGI [Colección de Modelos Digitales de Elevación (MDT) LiDAR con resolución de 5 m 1:10000 de la carta E14B21 y E14B31] (1:10000). [Colección de .ASCII].

<sup>20</sup> Rangos definidos a partir de parámetros y usos establecidos por: Javier de Pedraza, *et al.*, *Geomorfología: Principios...*, op. cit., pp. 53-122.

<sup>21</sup> Daniel Muñoz-Iniesta, *et al.*, "Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial", *Terra Latinoamericana*, vol. 27, núm. 3, 2009.

<sup>22</sup> Carlos Torres, *et al.*, "Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo", *Terra Latinoamericana*, vol. 31, núm. 1, 2013.

<sup>23</sup> INEGI [Uso de suelo y vegetación. 1:250000 Serie VI, continuo nacional] [archivo .shp] 2016.

de esto se obtuvieron 12 categorías de vegetación que se asignaron con base a clasificaciones existentes<sup>24</sup> y la antigua distribución del bosque de encino.<sup>25</sup> Estas categorías se cotejaron con información recopilada durante el trabajo en campo.

Posteriormente, los tipos de cubierta vegetal se agruparon en cinco categorías, dependiendo del servicio ecosistémico que proveen para el control de la erosión.<sup>26</sup> Las categorías que proveen un mejor control corresponden a las comunidades vegetales con mayor biomasa y las que proveen de poco o nulo control contra la erosión corresponden a las zonas de agricultura de temporal y a áreas desprovistas de vegetación.

#### 1.4 Peligro por presencia de morfoalineamientos<sup>27</sup>

La importancia de los morfoalineamientos radica en sus implicaciones en el diseño, ya que al ser zonas donde se intensifican los procesos erosivos,<sup>28</sup> las estrategias de intervención deben adecuarse al nivel de peligro.

Los morfoalineamientos en la poligonal fueron inferidos a partir de rasgos en el relieve y la red de drenaje. Con base a estos morfoalineamientos, se definieron cinco áreas de influencia con rangos de distancia de 40, 100, 160, 400 y >400 metros dependiendo de su nivel de peligro.<sup>29</sup> A cada área de influencia se le asignó un valor de peligro, siendo mayor entre más cerca se encuentre del plano principal de ruptura.

<sup>24</sup> INEGI, *Catálogo de Tipos de Vegetación Natural e Inducida de México*, México, INEGI-SNIEG, 2016.

<sup>25</sup> José González, *Santa Catarina del Monte: Bosques y Hongos*, México, Universidad Iberoamericana, 1993.

<sup>26</sup> Estas categorías se definieron a partir de parámetros e información establecida por:

Tianjiao Feng, et al., "Assessment of the impact of different vegetation patterns of soil erosion processes on semiarid loess slopes", *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 43, núm. 9, 2018.

Javier Almorox, et al., *La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación*, España, Universidad de Murcia, Servicios de publicaciones, 2010.

Victor Durán, et al., "Impacto de la erosión y escorrentía en laderas de agroecosistemas de montaña mediterránea", *Ecosistemas*, vol. 23, núm. 1, 2014, pp. 66-72.

<sup>27</sup> Morfoalineamientos: entendidos como rasgos del relieve con una dirección determinada que pueden representar fracturas o fallas. Según: José Lugo, *Diccionario geomorfológico*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2011, p. 20.

<sup>28</sup> Mario Cuellar, et al., "Control de la actividad tectónica sobre los procesos de erosión remontante: el caso de la cuenca del río Combeima, Cordillera Central, Colombia", *Boletín de Geología*, vol. 36, núm. 1, 2014, pp. 37-56.

<sup>29</sup> Los rangos de las áreas de influencia fueron definidos a partir de los parámetros establecidos por:

#### 1.5 Edafología

La importancia de los suelos radica en que, dependiendo de sus características, poseen una mayor susceptibilidad a la erosión, anegación, deformación y procesos gravitacionales. Asimismo, sus propiedades los hacen más o menos aptos para el establecimiento de rutas.

En la poligonal existen cinco tipos de suelo combinados en 10 fórmulas de suelo,<sup>30</sup> las cuales se clasificaron en cinco categorías dependiendo de su aptitud para sostener itinerarios.

En general los suelos más aptos para el establecimiento de rutas poseen poca materia orgánica, textura media y son someros, mientras que los suelos menos aptos poseen una alta cantidad de materia orgánica, son suaves, expansibles por su alto contenido de arcillas, colapsables en seco y muy propensos a volcarse con el arrastre.

#### 1.6 Asoleamiento

La importancia del asoleamiento radica en que determina las condiciones de temperatura y humedad, modificando el desarrollo de la cubierta vegetal y los suelos, entre mayor sea el asoleamiento mayor será su incidencia sobre dichos atributos, contribuyendo a la erosión.<sup>31</sup>

Al igual que las pendientes, se calculó con un MDT con resolución @5m. Se obtuvieron nueve categorías, ocho corresponden a orientaciones y una corresponde a zonas planas.

#### 1.7 Aptitud de laderas para sostener caminos

Una vez analizados los seis atributos se hizo una ponderación en la cual se asignó un valor a cada uno de éstos

Janine Kerr et al., *Planning for Development of Land on or Close to Active Faults*, Nueva Zelanda, Ministry for the Environment Manatu Mo Te Taiao, 2003.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), *Actualización del Mapa de Fallas Geológicas de Managua*, Nicaragua, INETER, 2002, p. 41.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica. *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci, versione 1.0*, Italia, Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, Dipartimento della protezione civile, 2015, pp. 5-6.

<sup>30</sup> INEGI, *Carta edafológica E14B31 Chalco*, [Mapa]. 1:50000. México, INEGI, 2012.

<sup>31</sup> M.A. Marqués y E. Mora, "The influence of aspect on runoff and soil loss in a Mediterranean burnt forest", *Catena*, vol. 19, núms. 3-4, 1992, pp. 333-344.

<sup>32</sup> United States Forest Service (USFS). *NC Trails Strategy Intro Workshops, Definition*

Atributo	Valor en la ponderación
Pendiente media por ladera	34
Peligro por morfología de ladera	21
Cobertura vegetal	18
Peligro por morfoalineamientos	14
Aptitud de los suelos	10
Asoleamiento	3
<b>Total</b>	<b>100</b>

Tabla 1

Atributo	Valor del PAJ	División entre la cantidad de categorías	Resultado de la división	Multiplicación por su valor en la ponderación	Resultado de la multiplicación
Peligro por morfología de la ladera	1	1/5	0.2	0.2 x 21	0.2
Pendiente media por ladera	3	3/10	0.3	0.3 x 34	10.2
Cobertura vegetal	3	3/5	0.6	0.6 x 18	10.8
Peligro por morfoalineamientos	1	1/5	0.2	0.2 x 14	2.8
Aptitud de los suelos	1	1/5	0.2	0.2 x 14	2
Asoleamiento	3	3/5	0.6	0.6 x 3	1.8
<b>Aptitud de la ladera para sostener un camino</b>					<b>31.8</b>

Tabla 2

conforme a su importancia en esta etapa de la evaluación de itinerarios. Para ello se tomaron en cuenta los procesos de ladera y cómo impactan en la seguridad del usuario, la permanencia de las rutas y su mantenimiento (ver tabla 1).

Pendientes y laderas poseen los valores más altos, ya que son los atributos que definen los procesos de ladera y su intensidad. La cobertura vegetal, el peligro por morfoalineamientos y los suelos son los modificadores principales que pueden acrecentar o disminuir los procesos y la intensidad de éstos. El asoleamiento posee el valor más bajo debido a que es un modificador secundario para los procesos de ladera.

Posteriormente se integró la información de los atributos analizados por ladera. Para cada atributo se dividió el valor asignado por ladera entre el número de rangos dados, con el fin de normalizar los valores para su evaluación. Luego el resultado de la división se multiplicó por el valor de la ponderación de cada atributo. Por último, se obtuvo la aptitud de la ladera para sostener un camino que corresponde a la suma de los resultados de las multiplicaciones de los seis atributos analizados (ver tabla 2).

Se evaluaron un total de 2,188 laderas y los valores

posibles se encuentran en un rango entre 16.6 a 100, siendo 16.6 el valor más apto para los itinerarios y 100 el que presenta la mayor cantidad de complicaciones. Para su interpretación se definieron nueve rangos (ver tabla 3).

### Parte dos: Cultural-social

En la evaluación multicriterio del MCS se valoró la calidad del itinerario, entendido como la capacidad de brindar una multiplicidad de experiencias, preservar los ecosistemas, ofrecer diversas oportunidades de circuitos, distancias, dificultad e información; buscando que los senderos sean seguros y estén bien señalizados.<sup>32</sup> Para ello los itinerarios se separaron en tramos de sendero y espacios<sup>33</sup> sobre los cuales se analizaron tres rubros los cuales se considera que abarcan los criterios de la definición de calidad: accesibilidad, legibilidad y confort. Estos rubros están compuestos por un total de 10 atributos

*of a Quality Trail Experience by Use Type*, EUA, USDA, 2012.

<sup>33</sup> Los tramos de sendero se definieron a partir de características homogéneas como su anchura, pendiente, trazo, tipo de pavimento y los nodos que conectan.

<sup>34</sup> Se entiende como la porción del camino visible diseñada para caminar que se

Rangos definidos	Categoría	Aptitud
16.6-25.866	Nivel I	Condiciones ideales para sostener un camino
25.866-35.13	Nivel II	
35.13-44.40	Nivel III	
44.40-53.666	Nivel IV	Condiciones favorables para sostener un camino
53.666-62.933	Nivel V	
62.933-72.19	Nivel VI	1 o 2 atributos que requieren especial atención
72.19-81.466	Nivel VII	
81.466-90.733	Nivel VIII	Laderas vulnerables a procesos de degradación
90.733-100	Nivel IX	
		Complicaciones extremas para sostener un camino

Tabla 3

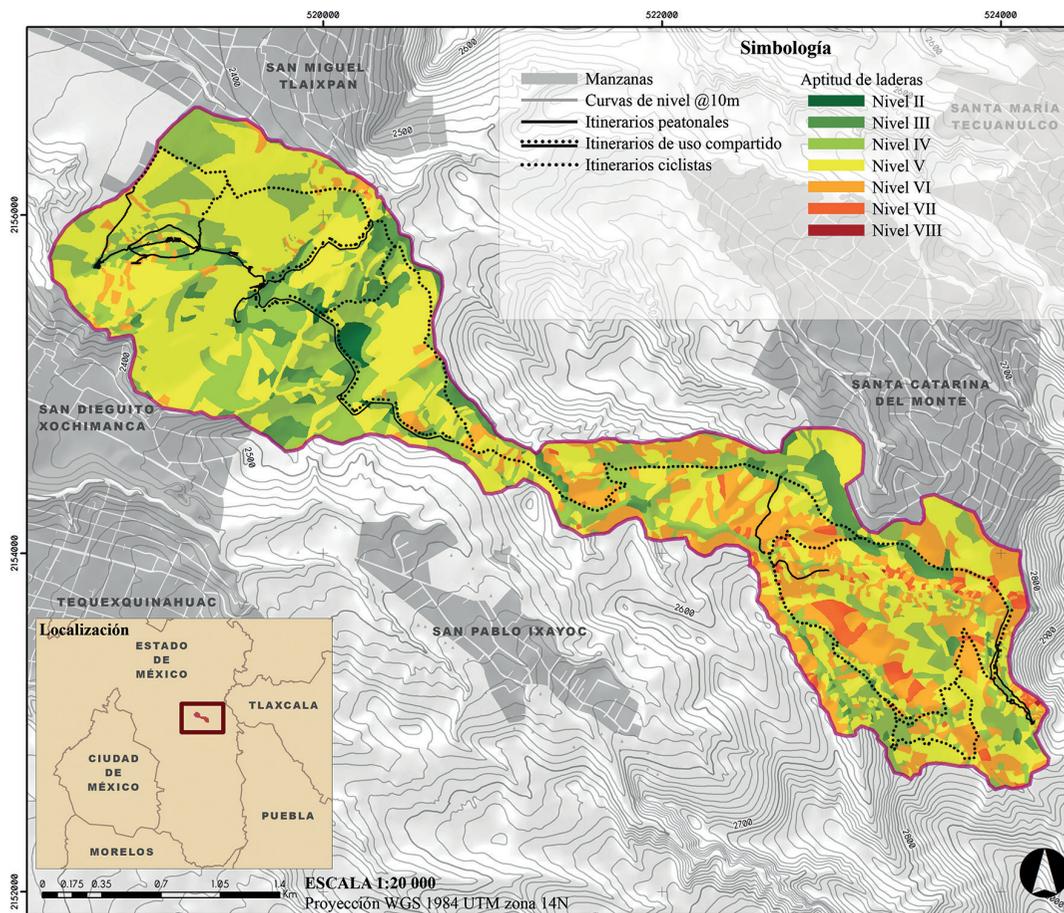


Figura 5

que se evaluaron por separado: dificultad de obstáculos, pendiente media del sendero/espacio, degradación del sendero/espacio, superficie de rodamiento,<sup>34</sup> ancho del

medida perpendicularmente a la dirección del recorrido. El término es aplicable tanto a itinerarios peatonales como ciclistas.

<sup>35</sup> United States Department of Agriculture (USDA), *Accessibility Guidebook for Out-*

sendero, alineamiento horizontal del trazo, presencia de señalética, definición de la superficie de rodamiento, asoleamiento y dosel arbóreo.

Cabe mencionar que los tramos de uso mixto (peatonal y ciclista) poseen dos evaluaciones independientes para cada tipo de usuario debido a que se utilizan pará-

Atributo	Valor / categoría	Descripción			
Dificultad de obstáculos	1 / Sin obstáculos	Sin obstáculos			
	2 / Baja	Obstáculos inevitables de hasta 5 cm de alto; o escalones de hasta 20 cm.			
	3 / Media	Obstáculos inevitables de hasta 20 cm de alto y con escalones de hasta 25 cm.			
	4 / Alta	Obstáculos inevitables de hasta 40 cm de alto y con escalones de hasta 35 cm.			
	5 / Muy alta	Obstáculos inevitables de hasta 40 cm de alto y con escalones de hasta 60 cm.			
Pendiente media del tramo / espacio	1 / Muy poco escarpado	Peatonal	0-2.86° / 0-5%	Ciclista	0-2.86° / 0-5%
	2 / Poco escarpado		2.86-6.27° / 5-11%		2.86-5.71° / 5-10%
	3 / Medianamente escarpado		6.27-10.20° / 11-18%		5.71-8.53° / 10-15%
	4 / Escarpado		10.20-14.03° / 18-25%		8.53-11.30° / 15-20%
	5 / Muy escarpado		>14.03° / >25%		>11.30° / >20%
Degradación del tramo / espacio	1 / Sin degradación	Sin degradación en el suelo.			
	2 / Baja	Incisión en el tramo / espacio de 0-15 cm, presencia aislada de suelo suelto, en general el terreno es estable.			
	3 / Media	Incisión en el tramo / espacio de 15-30 cm, suelo poco consolidado.			
	4 / Alta	Incisión en el tramo / espacio de >30 cm, raíces y rocas frecuentemente expuestas.			
	5 / Muy alta	Incisión en el tramo / espacio de >30 cm, suelo completamente suelto sin una capa de materia orgánica, exposición excesiva de raíces, rocas expuestas, la erosión se extiende a los costados del tramo espacio.			
Superficie de rodamiento	1 / Muy fácil de transitar	Superficie uniforme, firme y estable. Compactada.			
	2 / Fácil de transitar	Aplanado firme y estable.			
	3 / Transitabilidad moderada	Estable en su mayoría con algunas variaciones.			
	4 / Difícil de transitar	Aplanado limitado, irregular, altamente variable.			
	5 / Muy difícil de transitar	Sin aplanar, irregular, intermitente y altamente variable.			
Ancho del tramo	1 / Muy ancho	Peatonal	>120 cm	Ciclista	>180 cm
	2 / Ancho		60-120 cm		90-180 cm
	3 / Medianamente ancho		45-60 cm		60-90 cm
	4 / Estrecho		30-45 cm		30-60 cm
	5 / Muy estrecho		15-30 cm		15-30 cm
Alineamiento horizontal del trazo	1 / Mayormente recto	Mayormente recto.			
	2 / Poco sinuoso	Con pocas curvas abiertas.			
	3 / Medianamente sinuoso	Con curvas abiertas moderadas y/o pocas curvas cerradas.			
	4 / Sinuoso	Con muchas curvas abiertas y/o medias cerradas.			
	5 / Muy sinuoso	Muchas cerradas.			

Tabla 4

metros distintos en algunos de sus atributos. Al final, a la información de accesibilidad, legibilidad y confort se le asignó un valor jerárquico con base en una ponderación y se integraron dando como resultado el mapa *Calidad de los itinerarios*.

## 2.1 Accesibilidad de los itinerarios

La accesibilidad permite definir los grupos de usuarios que pueden ocupar los itinerarios.<sup>35</sup> Asimismo, la falta de accesibilidad y la degradación de un sendero se relacionan con la dificultad para transitar, vuelven más inseguros los itinerarios y generan una percepción negativa del sitio. Esto a mediano plazo se asocia con la ampliación de los senderos y la creación de rutas alternas, que

*door Recreation and Trails*, EUA, USDA, 2012.

<sup>36</sup> Yu-Fai Leung y Jeffery Marion, "Trail degradation as influenced by environmental factors: a state-of-knowledge review", *Journal of soil and water conservation*, vol. 51, núm. 2, 1996, pp. 130-136.

<sup>37</sup> Los atributos dificultad de obstáculos, pendiente media del tramo/espacio, superfi-

terminan por degradar las áreas aledañas.<sup>36</sup>

Para su evaluación se consideraron seis atributos: dificultad de obstáculos, pendiente media del tramo, degradación del tramo, superficie de rodamiento, ancho mínimo del tramo y alineamiento horizontal del trazo. Estos atributos fueron definidos, seleccionados y categorizados con base en las metodologías existentes para evaluar senderos<sup>37</sup> (ver tabla 4).

Una vez evaluados los seis atributos para cada tramo, se hizo una ponderación para asignarles valores con base al PAJ. La ponderación para usuarios peatonales es distinta a la ponderación para usuarios ciclistas debido

cie de rodamiento y ancho del tramo se definieron y categorizaron según: United States Department of Agriculture (USDA), *Landscape Architecture Note 4 Trail and Walkway Design Aid*, EUA, USDA, 2009.

International Mountain Bicycling Association (IMBA), *Guidelines for a Quality Trail Experience. Mountain bike trail guidelines*, EUA, IMBA, 2018.

El atributo Degradación del tramo/espacio se definió y categorizó según: Jeffrey Marion, et al., "Monitoring Trail Conditions: New Methodological Considerations", *The George Wright Forum*, vol. 23, núm. 2, 2006, pp. 36-46.

<sup>38</sup> Los valores de los atributos se normalizaron dividiendo el valor asignado en el PAJ

Peatonal		Ciclista	
Atributo	Valor en la ponderación	Atributo	Valor en la ponderación
Presencia de obstáculos	25	Pendiente media del tramo / espacio	28
Pendiente media del tramo / espacio	23	Presencia de obstáculos	27
Degradación del tramo / espacio	21	Alineamiento horizontal del trazo	17
Ancho del tramo	15	Superficie de rodamiento	12
Superficie de rodamiento	13	Degradación del tramo	9
Alineamiento horizontal del trazo	3	Ancho del tramo	7
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

Tabla 5

Categoría peatonal / ciclista	Valor de la categoría	Rango
Muy accesible / Muy fácil	1	20-36
Accesible / Fácil	2	36-52
Medianamente accesible / Medio	3	52-68
Poco accesible / Difícil	4	68-84
Muy poco accesible / Muy difícil	5	84-100

Tabla 6

a que ambos tipos de usuarios tienen características, consideraciones y problemas distintos (ver tabla 5). Esta ponderación se realizó también para los atributos de confort y legibilidad respectivamente.

Los valores de cada atributo analizado se normalizaron<sup>38</sup> y se multiplicaron por el valor asignado en la ponderación. Los resultados de estas multiplicaciones se sumaron, obteniendo valores que se encuentran en un rango entre 20 y 100. Los valores se clasificaron en cinco categorías para ambos tipos de usuarios (ver tabla 6). Los rubros de legibilidad y confort se clasificaron en las mismas cinco categorías con rangos de valores iguales.

## 2.2 Legibilidad de los itinerarios

La legibilidad es una cualidad visual específica que indica la facilidad con que pueden reconocerse y organizarse las partes de un paisaje en una pauta coherente.<sup>39</sup> Su importancia radica en que determina qué tan comprensible es un espacio o sendero y cómo afecta la percepción que el usuario tiene de éste.<sup>40</sup> La falta de legibilidad se relaciona con la presencia de problemas como el acceso de usuarios a sitios restringidos, así como el ensanchamiento y bifurcación de los senderos.

Para su análisis se evaluaron tres atributos visuales: presencia de señalética, ancho mínimo del sendero y definición de la superficie de rodamiento. Estos atributos fueron considerados como los más influyentes en la legibilidad debido a las experiencias registradas en trabajo de campo.

entre el número máximo de categorías.

<sup>39</sup> Kevin Lynch, *The Image of the City*, EUA, The Massachusetts Institute of Technology

Press, 1960.

<sup>40</sup> Isil Kaymaz, "Landscape perception", *Landscape planning*, Turquía, InTech, 2012.

<sup>41</sup> Se deben considerar todos los instrumentos jurídicos que son aplicables en el área

Peatonal		Ciclista	
Rubro	Valor en la ponderación	Rubro	Valor en la ponderación
Accesibilidad	0.44	Legibilidad	0.36
Legibilidad	0.38	Confort	0.34
Confort	0.18	Accesibilidad	0.30
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>Total</b>	<b>1.00</b>

Tabla 7

Rubro	Valor obtenido	Multiplicación por el valor de la ponderación	Resultado de la multiplicación
Accesibilidad	Peatonal (P) 61.4 Ciclista (C) 69.6	(P) $61.4 \times 0.44$ (C) $69.9 \times 0.30$	(P) 27.016 (C) 20.88
Legibilidad	(P) 63.6 (C) 80.4	(P) $63.6 \times 0.38$ (C) $80.4 \times 0.36$	(P) 24.168 (C) 28.944
Confort	(P) 76.6 (C) 74.8	(P) $76.6 \times 0.18$ (C) $74.8 \times 0.34$	(P) 13.788 (C) 25.432
		<b>Calidad del tramo</b>	<b>Peatonal 64.97 Ciclista 75.256</b>

Tabla 8

Rango	Categoría	Calidad
20-28.888	Clase I	Óptima (No requiere trabajos)
28.888-37.776	Clase II	
37.776-46.664	Clase III	
46.664-55.552	Clase IV	Buena (se necesitan trabajos para mejorar algunos atributos)
55.552-64.44	Clase V	
64.44-73.328	Clase VI	Media (requiere trabajos para evitar su futura degradación)
73.328-82.216	Clase VII	
82.216-91.104	Clase VIII	
91.104-100	Clase IX	

Tabla 9

## 2.3 Confort de los itinerarios

La importancia del confort reside en asegurar experiencias satisfactorias y placenteras para los usuarios, que mejoren la percepción de los sitios de interés.

Para el análisis del confort, se evaluaron cuatro atributos: superficie de rodamiento, asoleamiento, dosel arbóreo y pendiente media del tramo. Al igual que en legibilidad, los atributos de confort fueron seleccionados con base a las experiencias registradas en trabajo de campo, además de que los análisis de confort existentes se centran en dosel arbóreo y superficie de rodamiento.

## 2.4 Calidad de los itinerarios

Una vez analizados los rubros de accesibilidad, legibilidad y confort se hicieron dos últimas ponderaciones: peatonal y ciclista, donde se asignó un valor a cada rubro conforme al PAJ para determinar la calidad del itinerario (ver tabla 7).

En la ponderación peatonal, la accesibilidad se considera el rubro más importante, debido a su estrecha relación con la degradación de senderos y con la seguridad física de los usuarios. La legibilidad es el segundo más importante, debido a su relación con la degradación por la creación de rutas alternas.

Por otro lado, la ponderación ciclista considera la legibilidad como el rubro más importante, ya que es necesario definir los espacios ciclistas para evitar conflictos con otros usuarios, mitigar la degradación por la creación de rutas alternas y evitar la destrucción de sitios arqueológicos. La accesibilidad es el rubro menos importante debido a que se relaciona con los distintos grados de dificultad, los cuales son deseables para el ciclismo de montaña.

En cada tramo, se multiplicaron los valores de accesibilidad, legibilidad y confort por los valores de la ponderación y se sumaron estos resultados para obtener un valor que refleja su calidad para usuarios peatonales y ciclistas (ver tabla 8).

Se evaluaron un total de 14 espacios y 63 tramos de sendero, los valores obtenidos se encuentran en un rango entre 20 a 100, siendo 20 el valor que corresponde a la mayor calidad y 100 el que presenta la menor calidad. Para su interpretación se definieron nueve clases (ver tabla 9), entre menor sea la calidad de un espacio o tramo de sendero, las intervenciones necesarias son mayores.

## Resultados - Fichas

Una vez concluidas las dos etapas de la evaluación, la información se sintetizó en fichas (ver figura 7) generadas para cada tramo y espacio de los itinerarios donde se combinó con información de los instrumentos jurídicos<sup>41</sup> e información puntual observada durante el trabajo de campo para ofrecer una lectura integral del paisaje. Entre la información puntual que integra, destacan la presencia de vestigios arqueológicos, sitios donde los bienes patrimoniales han sufrido degradación, si se emplaza dentro de un poblado y áreas de encharcamiento.

Por último, se presentan consideraciones para las propuestas de intervención. Es importante mencionar que para estas consideraciones hay dos atributos dentro de las características generales del tramo o espacio que modifican cómo se valoran los resultados de la evaluación:

- El primero es la presencia de vestigios arqueológicos. Si los senderos y espacios se emplazan en proximidad a los vestigios o comparten superficie de rodamiento con ellos, las intervenciones deberán enfocarse en la conservación del patrimonio arqueológico.

- El segundo es la ubicación del tramo o espacio en poblados, en caso de ubicarse dentro de uno, los resultados de la evaluación del MCS tienen prioridad sobre los resultados del MFB, debido a las fuertes modificaciones antrópicas sobre el territorio que han disminuido el impacto de los procesos de ladera. Fuera de los poblados, es prioritario el resultado de la evaluación del MFB debido al impacto de los procesos de ladera en la conservación de itinerarios.

## Discusión y conclusiones

Como se puede observar, el modelo para la evaluación de itinerarios planteado contempla atributos del paisaje tanto del MFB como del MCS.

de estudio, tanto federales como estatales, en este caso se consideraron: el decreto por el que se declara ZMA Tetzcotzínco, la Ley de Aguas Nacionales, la Declaratoria por el que se establece el área natural protegida denominada Sistema Tetzcotzínco, el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México y la Tenencia de la tierra.

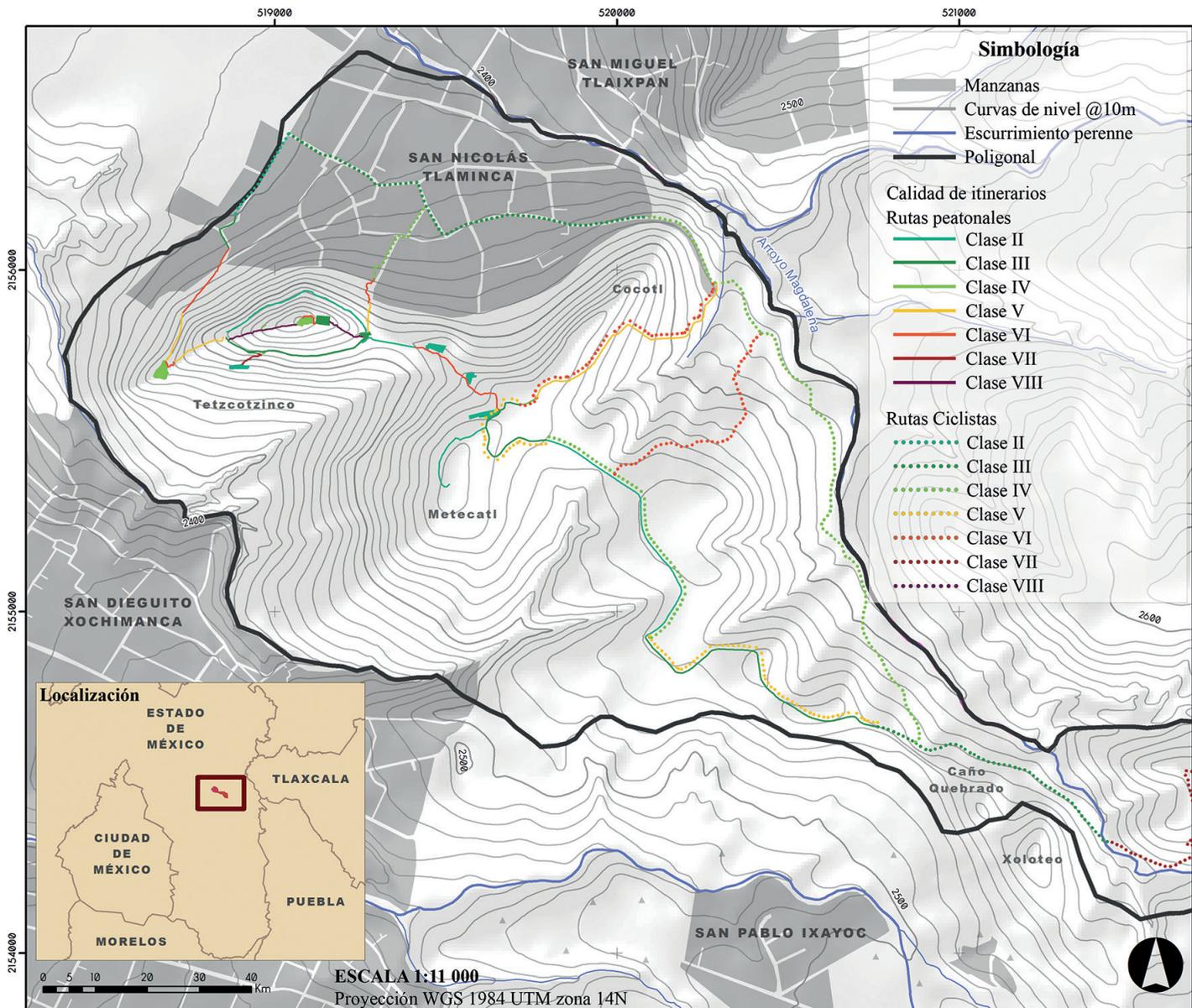


Figura 6

Esta metodología permitió evaluar cuantitativamente atributos cualitativos de una manera integral y donde la información pudiera ser comparable. Al realizar esta evaluación se obtuvieron resultados detallados sobre la aptitud del territorio para sostener itinerarios y la calidad de los mismos, que definen la urgencia de intervención de cada tramo y espacio de itinerario. Asimismo, los resultados de la evaluación proporcionan una base para definir la dificultad de las rutas.

Los resultados de esta metodología podrían enriquecerse si se contara con estudios especializados de los parámetros y si se colaborara con expertos en los atributos evaluados para disminuir la subjetividad al momento de asignar categorías y ponderaciones. Es importante precisar que esta propuesta metodológica no puede ser replicada de manera idéntica en otros proyectos por haberse realizado para este estudio en específico; sin embargo, puede ser adaptada a otros proyectos, de

# MS-02

ESCALA 1:3 000

Longitud	Pendiente media del tramo	En poblado	Zonificación ANP	Consideraciones jurídicas
375 m	5.4° (2/5, poco escarpado)	No	Aprovechamiento sustentable	•Zona de Monumentos Arqueológicos

Medio físico-biótico	Medio cultural-social
----------------------	-----------------------

Peligro potencial por morfología de ladera	Medio En cóncava recta Plano en su extremo sureste	Dificultad de obstáculos	5/5	Muy alta
Pendiente de laderas	Vulnerabilidad baja 10 a 15°	Degradación del tramo	2/5	Baja
Servicios de la cubierta vegetal para el control de la erosión	Medios En pastizal	Superficie de rodamiento	3/5	Transitabilidad media Tierra estable con rocas sueltas
Peligro por presencia de morfoalineamientos	Muy bajo En el <i>buffer</i> de más de 400 m	Ancho mínimo	2/5	Ancho 0.91 m
Asoleamiento	Alto	Alineamiento horizontal	4/5	Sinuoso
Aptitud del suelo	Medianamente apto Feozem con litosol de textura media	Señalética	5/5	Inexistente

## Notas

- Conecta con Las Maquetas.
- Debe señalarse que, aunque no se hayan encontrado vestigios durante la investigación en campo, Miranda et al (s.f.) registran la existencia de un canal.

Definición de la superficie de rodamiento	3/5	Medianamente definida
---	-----	-----------------------

Dosel arbóreo	5/5	Muy bajo
---------------	-----	----------

Accesibilidad	3/5 3/5	Medianamente accesible (P y C)
---------------	------------	--------------------------------

Legibilidad	3/5 4/5	Medianamente legible (P) Poco legible (C)
-------------	------------	--

Confort	3/5 3/5	Medianamente confortable (P y C)
---------	------------	----------------------------------

Calidad del tramo	5/9 (P) 6/9 (C)
-------------------	--------------------

## Conclusiones

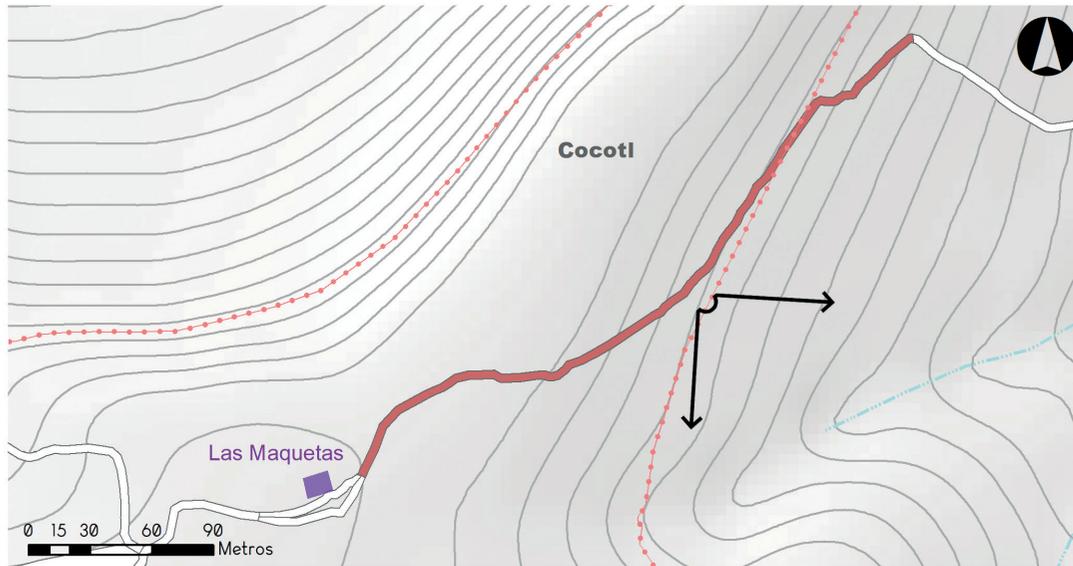
- Se necesita ampliar el sendero y definir superficies de rodamiento separadas para ciclistas y peatones
- Se debe de prohibir el paso a Las Maquetas y generar un área de estar a su alrededor.
- La señalética debe mostrar el trazo de la infraestructura hidráulica prehispánica.
- Deben crearse escalones para librar los desniveles del terreno y facilitar el paso.
- En caso de encontrarse vestigios, serán necesarios trabajos de conservación y protección.



**PROPUESTA DE UN MODELO DE EVALUACION DE ITINERARIOS RECREATIVOS EN ZONAS CON VALOR PATRIMONIAL, CULTURAL Y NATURAL. CASO DE ESTUDIO "ZONA DE MONUMENTOS ARQUEOLÓGICOS TETZCOTZINCO"**

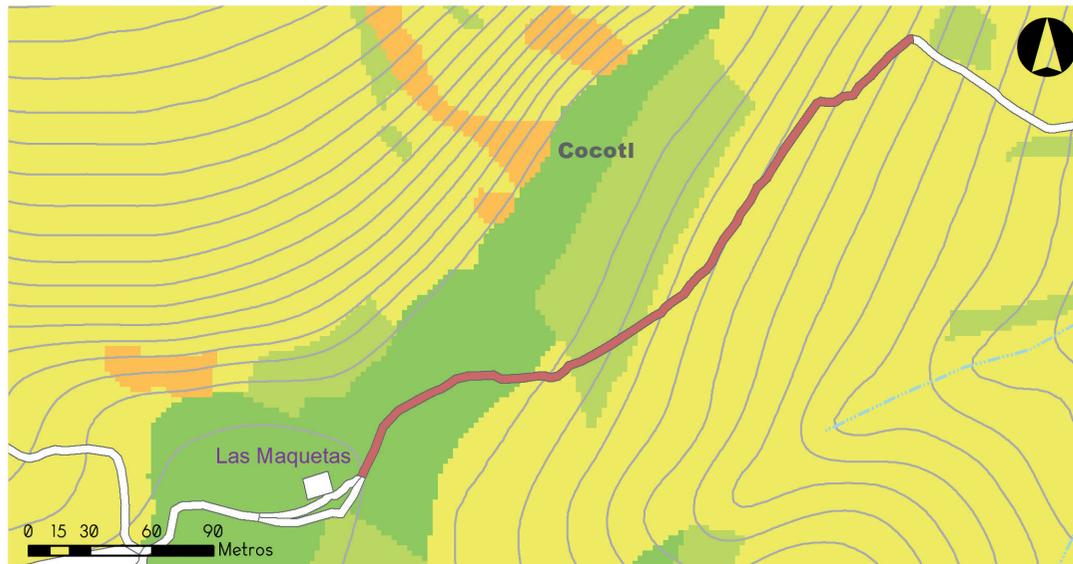
**HIRAM MORENO RAMIREZ Y CARLOS D. PONCE TORRESS**

**UBICACIÓN**



- Medio Cultural-Social**
- Poligonal
- Tramo
- Bienes culturales y ambientales**
- Canal según fuentes documentales
- Bienes arqueológicos
- Visuales
- Medio Físico-Biótico**
- Escorrentamiento intermitente
- Curvas @5m

**CALIDAD DEL ITINERARIO**



- Medio Cultural-Social**
- Poligonal
- Tramo
- Medio Físico-Biótico**
- Escorrentamiento intermitente
- Curvas @5m
- Aptitud de las laderas para sostener un camino**
- Nivel II
- Nivel III
- Nivel IV
- Nivel V
- Nivel VI
- Nivel VII
- Nivel VIII

**APTITUD DE LADERAS**

Figura 7

arquitectura de paisaje, ya que da la libertad de utilizar los atributos más relevantes para cada caso de estudio.

## Referencias

ALMOROX, JAVIER, FRANCISCO LÓPEZ Y SILVIA RAFAELLI

2010 *La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación*, España, Universidad de Murcia, Servicios de publicaciones.

BADILLO, JORGE, HIRAM MORENO Y CARLOS D. PONCE

2021 *Tradición y Recreación en el jardín Tetzcotzincó. Evaluación e intervención de itinerarios procesionales, interpretativos y de aventura*, México, UNAM.

COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

2015 *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci, versione 1.0*, Italia, Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, Dipartimento della protezione civile.

COORDINACIÓN GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL, GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO

2019 "Registran zonas arqueológicas del Edo. Méx. alta afluencia de visitantes por equinoccio de primavera", publicado el 21 de marzo de 2019.

CUELLAR, MARIO, JULIÁN LÓPEZ, EDGAR CARRILLO, DIEGO IBÁÑEZ, JESÚS SANDOVAL Y JAIRO OSORIO

2014 "Control de la actividad tectónica sobre los procesos de erosión remontante: el caso de la cuenca del río Combeima, Cordillera Central, Colombia", *Boletín de Geología*, vol. 36, núm. 1, pp. 37-56.

DURÁN, VÍCTOR, CARMEN RODRÍGUEZ, SIMÓN CUADROS Y JOSÉ FRANCIA

2014 "Impacto de la erosión y escorrentía en laderas de agroecosistemas de montaña mediterránea", *Ecosistemas*, España, vol. 23, núm. 1, pp. 66-72.

FENG, TIANJIAO, WEI WEI, LINDING CHEN, JESÚS COMINO, CHEN DIE, XINRAN FENG, KEMENG REN, ERIC BREVIK Y YANG YU

2018 "Assessment of the impact of different vegetation patterns of soil erosion processes on semiarid loess slopes", *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 43, núm. 9.

GONZÁLEZ, JOSÉ

1993 *Santa Catarina del Monte: Bosques y Hongos*, México, Universidad Iberoamericana.

HOUSTON, R.

2012 *Evaluation of Trail Impact Assessments for use at Oregon Parks and Recreation Department*, USA, Oregon Parks and Recreation Department.

INTERNATIONAL MOUNTAIN BICYCLING ASSOCIATION (IMBA)

2018 *Guidelines for a Quality Trail Experience. Mountain bike trail guidelines*, IMBA.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI)

2012 *Carta edafológica E14B31 Chalco*, 1:50000, México, INEGI.

2016 *Catálogo de Tipos de Vegetación Natural e Inducida de México*, México, SNIEG-INEGI.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES (INETER)

2002 *Actualización del Mapa de Fallas Geológicas de Managua*, Nicaragua, INETER.

KAYMAZ, ISIL

2012 "Landscape perception", *Landscape planning*, Turquía, InTech.

KERR, JANINE, SIMON NATHAN, RUSS VAN DISSEN, PETER WEBB, DAVID BRUNSDON Y ANDREW KING

2003 *Planning for Development of Land on or Close to Active Fault*, Nueva Zelanda, Ministry for the Environment Manatu Mo Te Taiao.

LEUNG, YU-FAI Y JEFFERY MARION

1996 "Trail degradation as influenced by environmental factors: a state-of-knowledge review", *Journal of soil and water conservation*, vol. 51, núm. 2, pp. 130-136.

LUGO, JOSÉ

2011 *Diccionario geomorfológico*, México, UNAM.

LYNCH, KEVIN

1960 *The Image of the City*, EUA, The Massachusetts Institute of Technology Press.

MARION, JEFFREY Y YU-FAI LEUNG

2001 "Trail Resource Impacts and An Examination of Alternative Assessment Techniques", *Journal of Park and Recreation Administration*, vol. 19, núm. 3, pp. 17-37.

MARION, JEFFREY, YU-FAI LEUNG Y SANJAY NEPAL

2006 "Monitoring Trail Conditions: New Methodological Considerations", *The George Wright Forum*, vol. 23, núm. 2, pp. 36-46.

MARQUÉS, M. A. Y E. MORA.

1992 "The influence of aspect on runoff and soil loss in a Mediterranean burnt forest", *Catena*, vol. 19, núms. 3-4, pp. 333-344.

MIRANDA, ERIKA

2006 *La importancia del manejo del paisaje en carreteras de México*, tesis en licenciatura en Arquitectura de Paisaje, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura.

MUÑOZ, JESÚS Y VÍCTOR HERNÁNDEZ

2012 "Zonificación de procesos de remoción en masa en Puerto Vallarta, Jalisco, mediante combinación de análisis multicriterio y método heurístico", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 29, núm. 1, pp. 103-114.

MUÑOZ-INIESTRA, D., G. LÓPEZ, M. HERNÁNDEZ, A. SOLER Y G. LÓPEZ

2009 "Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial", *Terra Latinoamericana*, vol. 27, núm. 3.

PEDRAZA, JAVIER, ROSA CARRASCO, ANDRÉS DÍEZ, JOSÉ MARTÍN, AURORA RIDAURA Y MIGUEL SANZ

1996 *Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones*, México, Rueda.

RODRÍGUEZ, ANDREA

2021 *Los jardines nahuas prehispánicos: una introducción desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura.

RODRÍGUEZ, ANDREA, ERIKA MIRANDA Y LEOPOLDO VALIÑAS

2020 *El paisaje y su estructura*, México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Facultad de Arquitectura-Universidad Nacional Autónoma de México.

SAATY, T.L.

1980 *The Analytic Hierarchy Process*, EUA, McGraw-Hill.

TORRES-GUERRERO, CARLOS, JORGE ETCHEVERS, MARIELA FUENTES, BRAM GOVAERTS, FERNANDO DE LEÓN, Y JUAN HERRERA

2013 "Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo", *Terra Latinoamericana*, vol. 31, núm. 1.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA)

2009 *Landscape Architecture Note 4 Trail and Walkway Design Aid*, EUA, USDA.

2012 *Accessibility Guidebook for Outdoor Recreation and Trails*, EUA, USDA.

UNITED STATES FOREST SERVICE

2012 *NC Trails Strategy Intro Workshops, Definition of a Quality Trail Experience by Use Type*, EUA, USDA.