

Un nuevo método de cartografía del paisaje para altas montañas tropicales

DAVID SERRANO GINÉ¹ | ARTURO GARCÍA ROMERO² | LAETICIA AZUCENA GARCÍA SÁNCHEZ³
EDUARDO SALINAS CHÁVEZ⁴

Recibido: 08/11/2017 | Aceptado: 30/10/2018

Resumen

Este artículo da a conocer un nuevo método para el estudio y cartografía del paisaje en altas montañas tropicales, a partir de planteamientos holísticos y paramétricos que conceden gran importancia a la dimensión espacial del paisaje. El método se estructura en tres niveles escalares: Nivel I, con validez cartográfica a escala 1:100.000; Nivel II, con validez cartográfica a 1:75.000; y Nivel III, con validez cartográfica a 1:50.000, siendo las unidades de paisaje del Nivel I de gran extensión y poca homogeneidad y las de Nivel III de menor extensión y mayor homogeneidad. Este método ha sido validado en altas montañas tropicales del centro de México y en este artículo presentamos, por su significado ambiental e interés para la planificación territorial, el caso de la cuenca del río Cuautitlán, en las cercanías de la Ciudad de México, donde fueron identificadas, delimitadas y cartografiadas tres unidades del Nivel I, cinco del Nivel II y ochenta y tres del Nivel III.

Palabras clave: paisaje; cartografía del paisaje; montañas tropicales; México.

Abstract

A new method of landscape mapping for high tropical mountains

In this paper we report a new landscape approach and mapping method for high tropical mountains. This new method uses holistic and parametric approaches and attaches high importance to spatial dimension. Landscape units are delineated using the most important components of landscape on three scales: Level with accuracy at 1:100,000; Level II with accuracy at 1:75,000; and Level III with accuracy at 1:50,000. Level I units show big extent and low homogeneity, and Level III lesser extent and more homogeneity. This procedure has been validated at a number of sites in the high tropical mountains of central Mexico. We have chosen the Cuautitlán river basin near Mexico City as an example because of its outstanding environmental values and planning interest. Landscape assessment is conducted on three Level I, five Level II, and eighty-three Level III landscape units.

Key words: landscape; landscape mapping; tropical mountains; Mexico.

1. Departamento de Geografía, Universidad Rovira i Virgili, Vila-seca, España. david.serrano@urv.cat

2. Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. agromero@igg.unam.mx

3. Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. cat_lae@hotmail.com

4. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, MS, Brasil. esalinasc@yahoo.com

Résumé

Une nouvelle approche de cartographie paysagère pour des hautes montagnes tropicales

Cet article montre une nouvelle approche de cartographie paysagère pour des hautes montagnes tropicales. Cette approche est structurée par des méthodes holistiques et paramétriques, et donne une grande attention à la dimension spatiale du paysage. Les unités paysagères sont délimitées en considérant les composants les plus importants du paysage en trois échelles : le Niveau I a une valeur à la 1 :100.000 ; le Niveau II a une valeur à la 1 :75.000 ; et le Niveau III a une valeur à la 1 :50.000. Les unités de Niveau I ont une grande extension spatiale et une basse homogénéité ; les unités de Niveau III ont une surface inférieure et une homogénéité supérieure. On a choisi le bassin de la rivière Cuautitlán, aux alentours de la capitale mexicaine comme exemple en raison de leur valeur environnementale et intérêt en aménagement territorial. L'approche paysagère révèle trois unités de Niveau I, cinq de Niveau II et quatre-vingt-trois de Niveau III.

Mots clé : paysage; cartographie paysagère; montagnes tropicales; Mexico.

1. Introducción

En los últimos años, el interés por los estudios de paisaje se ha incrementado de manera notable; ello se manifiesta en la aparición de numerosos catálogos, cartografías y monografías de paisaje, tanto de alcance local como regional y nacional en diversos contextos territoriales (Salinas, 2005; Abalakov y Sedyk, 2010). Existe consenso en afirmar que el interés por el paisaje se incrementó con la aparición del Convenio Europeo del Paisaje (CEP; De Montis, 2014), que alcanzó una proyección que supera los límites europeos y que se desarrolla en el seno de distintas disciplinas académicas (Jones, 2007; Brunetta y Voghera, 2008). En América Latina, por ejemplo, el CEP tuvo impacto en la Iniciativa Latinoamericana del Paisaje (LALI, por sus siglas en inglés), firmada por una decena de países de la región, (Federación Internacional de Arquitectos Paisajistas, 2012; Muñoz y Gómez Zotano, 2016). Sin embargo, estas iniciativas no establecen métodos concretos para abordar el estudio del paisaje, dando lugar a la aparición de muy diversas aproximaciones metodológicas para su delimitación, clasificación y cartografía.

Un procedimiento pionero y de referencia proviene de los Estudios Integrados de Georges Bertrand (1968). Este método se apoyó en el conocimiento previo de las investigaciones geográficas desarrolladas en la antigua Unión Soviética y Alemania a finales del siglo XIX y durante la primera mitad del siglo XX, floreciendo también en Francia, España y América Latina en la segunda mitad del siglo XX (Isachenko, 1973; Diâkonov, 2007, Salinas y Remond, 2015). El enfoque de Bertrand propone la integración multiescalar a partir de una clasificación de las unidades de paisaje asociada a diferentes escalas y niveles de representación cartográfica (Muñoz, 1998; García-Romero, 2002). Este enfoque holístico está estrechamente relacionado con otros procedimientos para el estudio del paisaje, como la Evaluación de Tierras, desarrollado por la FAO desde 1960 (Mitchell, 1991); el Levantamiento Territorial del CSIRO, basado en métodos paramétricos (Christian y Stewart, 1964); o la clasificación fisiográfica neerlandesa del ITC, posteriormente utilizada en la Ecología del Paisaje (Zonneveld, 1995). Más recientemente, han aparecido otros procedimientos basados en distintos criterios, como la dominancia de elementos (Bolòs, 1992; Botequilha *et al.*, 2006), que ha sido adoptado por algunos países para llevar a cabo clasificaciones nacionales del paisaje (Principado de Andorra, <www.ideandorra.ad>); el método de Carácter

del Paisaje, *Landscape Character Assessment*, (Swanwick, 2002; Tudor, 2014), que delimita las unidades de paisaje considerando elementos culturales y perceptivos y que ha sido utilizado en diversos estudios (Wascher, 2005); el método LANMAP (Mücher et al., 2003) que se caracteriza por su objetividad y sistematicidad, así como por el hecho de basarse en el análisis de elementos biofísicos (Mücher et al., 2010); u otros procederes que fijan especial atención en el uso de índices e indicadores (Arias et al., 2017).

La diversidad metodológica es elevada, a causa de los distintos objetivos y enfoques que se persiguen y las diferencias en los territorios en los que se desarrollan (Consejo de Europa, 2000). Sin embargo, la mayor parte de estos procedimientos se han desarrollado en latitudes altas y medias, y aunque tienen vocación universal (Bolòs, 1992; Alcántara y Muñoz, 2015) su validez acostumbra a restringirse a los paisajes o territorios para los que se diseñaron (Mücher et al., 2010). Se conocen trabajos de referencia para distintos paisajes y hábitats, como por ejemplo las costas y llanuras tropicales (Ramón y Salinas, 2013, Salinas et al., 2013), pero todavía existen territorios en los que los procedimientos de trabajo más comunes presentan carencias de distinto tipo, por haberse creado para paisajes de otras latitudes con características y realidades distintas a las de aquellos otros en donde el método se pretende utilizar (García-Romero, 2002; García Sánchez, 2015).

Desde el punto de vista cartográfico, existe consenso en admitir que el mapa de paisajes tiene como principal objetivo mostrar la subdivisión del territorio en áreas homogéneas caracterizadas por combinaciones de elementos naturales, socio-culturales y perceptivo-visuales, las cuales definen su pertenencia a categorías específicas de paisaje (Abalakov y Sedyk, 2010; De Montis, 2014). La mayoría de propuestas coinciden en la utilización de sistemas de clasificación jerárquicos que articulan el paisaje en distintos niveles, de manera espacial y/o tipológica (Muñoz, 1998; Muñoz y Gómez Zotano, 2016). La principal diferencia entre los distintos tipos de cartografía del paisaje, sin embargo, se encuentra en la manera de delimitar y clasificar las unidades de paisaje, así como en la lógica con la que se entiende el mapa resultante (Serrano, 2012). De éste se pueden derivar otros mapas diagnóstico de gran interés para la planificación y gestión ambiental, como son: mapas de las propiedades del paisaje (estructura, dinámica, edad y funcionamiento), mapas de la modificación y transformación antrópica del paisaje, mapas de potencial, mapas del modelo de ordenamiento y uso del paisaje, o de recursos turísticos con base de paisaje, entre otros (Ramón y Salinas, 2013; García-Sánchez, 2015).

En este artículo presentamos un método para el estudio y cartografía del paisaje ajustado a la realidad de las altas montañas tropicales. En el centro de México estas montañas se caracterizan por acusados cambios altitudinales y bioclimáticos, lo que unido a una larga historia de poblamiento y cambios de uso del suelo, se traduce en patrones de paisaje complejos y dinámicos, pero de escasa extensión (Zonneveld, 1995; García-Romero, 2002). El método, que parte de la propuesta inicial de Bertrand (1968), propone un procedimiento de carácter holístico, flexible y multiescalar, como alternativa para identificar, delimitar, clasificar y cartografiar el paisaje en las altas montañas tropicales. En la primera parte del artículo presentamos la lógica del método, que dividimos en planteamiento espacial, análisis y síntesis del paisaje. En la segunda parte, damos a conocer un caso de estudio en la cuenca del río Cuautitlán, al occidente de la Ciudad de México, y presentamos los principales resultados. En la tercera parte, reflexionamos a cerca del método presentado, poniéndolo en contexto con otras propuestas metodológicas similares y discutiendo sus particularidades, para la mejor comprensión del mismo.

2. Metodología

El método de estudio del paisaje que se presenta está basado en criterios holísticos y tiene una aproximación sistémica. Este procedimiento descansa en una clasificación multidimensional de carácter jerárquico estructurada en tres niveles, y debe entenderse, en lo general, como una adaptación del método clásico de Georges Bertrand (1968) a la realidad de las montañas tropicales. Organizamos el método en cuatro etapas secuenciales, que permiten reproducir el procedimiento con facilidad en otros ámbitos territoriales de características similares. La primera etapa es el planteamiento espacial, que se refiere a la definición de los niveles jerárquicos en donde se establecerán las unidades de paisaje; la segunda etapa es el análisis, que permite recoger información sobre el paisaje estudiado para, posteriormente, delimitar y caracterizar las unidades en función al nivel jerárquico en donde se encuentran; la tercera etapa es la síntesis, en donde se integran las variables definidas durante el análisis, se delimitan las unidades, se caracterizan y se define su significado; la cuarta y última etapa es la revisión y validación del procedimiento, en donde se verifica la adecuación cartográfica, se denominan las unidades y se valida el ejercicio, tanto desde el punto de vista temático como espacial.

2.1. Planteamiento espacial

El planteamiento espacial considera el paisaje de forma continua, y se entiende a lo largo de un gradiente espacial. Su intención es garantizar la clara diferenciación de los componentes de los paisajes (físicos, biológicos y culturales) y de las relaciones entre ellos, en un mismo nivel y entre distintos niveles (Muñoz, 1998; Gómez Zotano *et al.*, 2018).

El planteamiento espacial se establece a partir de tres niveles de aproximación que, de mayor a menor dimensión territorial, van del Nivel I al Nivel III. Para cada nivel de análisis se definen unidades, que responden a distintos grados de homogeneidad del paisaje de acuerdo a criterios temáticos y espaciales, también llamados índices de diagnóstico. Las unidades de paisaje son escalables, de tal manera que las unidades de menor dimensión territorial (que corresponden al Nivel III) se encuentran agrupadas en unidades de Nivel II y éstas, a su vez, en unidades de Nivel I. Este procedimiento de jerarquización lo es también de sistematización, de tal manera que la clasificación resultante es una verdadera taxonomía del paisaje, en la que las unidades no sólo se clasifican sino que también se organizan. De esta forma, los niveles taxonómicos del paisaje muestran las relaciones entre los componentes de un mismo territorio a distintas escalas y son una manera de demostrar espacialmente la estructura del paisaje.

La taxonomía se organiza en tres rangos con diferente grado de homogeneidad y dimensión: Nivel I, II, y III, lo que permite un acercamiento multiescalar al paisaje:

- Nivel I. Este nivel se refiere a unidades de paisaje, de cientos de km², que se definen por la combinación de una misma morfoestructura y un mismo tipo de clima regional. Son áreas de gran extensión que requieren de por lo menos cientos de años para manifestar cambios estructurales, por lo cual se las considera como dinámicamente estables e independientes. Estas unidades tienen homogeneidad paisajística y validez cartográfica a escala 1:100.000 e internamente se organizan en distintas unidades de Nivel II. Su mayor interés reside en delimitar el territorio en grandes porciones de carácter homogéneo, que son la base para análisis paisajísticos de mayor detalle.
- Nivel II. Este nivel se refiere a unidades de paisaje, de decenas de km², que se definen por la combinación de un tipo de relieve y una variante de clima regional. Estos dos componentes

son de gran importancia porque controlan los potenciales y limitantes orográficos, altitudinales, de orientación y litológicos, así como ciertos parámetros climáticos, de los cuales dependen otros componentes del sistema, como la hidrología, la vegetación, el suelo y el uso del suelo, que a este nivel se organizan en patrones. Estas unidades tienen homogeneidad paisajística y validez cartográfica a escala 1:75.000 e internamente se organizan en distintas unidades de Nivel III. Su mayor interés reside en tener utilidad para determinar la capacidad del territorio para soportar una cierta carga biótica natural y un sistema de usos del suelo específico, por lo que resultan de interés en estudios de planeamiento y ordenación territorial.

- Nivel III. Este nivel se refiere a unidades de paisaje, de cientos de m², que se definen por la combinación de componentes abióticos, como la hidrología y relieve, que influyen sobre elementos de carácter biótico y cultural, como la vegetación, fauna y uso del suelo. Estos componentes son altamente inestables, dependientes y dinámicos, y generan combinaciones paisajísticas fácilmente diferenciables entre ellas. Las unidades de Nivel III comparten características básicas de relieve y clima, que vienen dadas por su pertenencia a una unidad de paisaje de Nivel II, y difieren entre sí por las características y la combinación de elementos de carácter biótico y cultural, que definen y dan carácter al paisaje. Estas unidades tienen homogeneidad paisajística y validez cartográfica a escala 1:50.000. Su mayor utilidad radica en mostrar la capacidad del territorio para recibir distintos usos y aprovechamientos a escala detallada, por lo que resulta de interés en el planeamiento territorial y urbanístico.

La lógica espacial de este planteamiento permite una fácil y efectiva representación cartográfica, que facilita su comprensión y aumenta su interés. Desde el punto de vista procedimental, su implementación puede realizarse directamente mediante trabajo de campo e inspección directa del terreno, debidamente complementados con estudios regionales del lugar, si existen; el uso de material cartográfico siempre resulta de gran utilidad para abordar la aproximación espacial y delimitar de manera inicial los tres niveles jerárquicos propuestos. Desde el punto de vista técnico, la delimitación y cartografía se puede realizar usando las herramientas existentes en los Sistemas de Información Geográfica, y se puede diseñar una composición cartográfica final para aumentar su valor comunicativo.

2.2. Análisis

El análisis del paisaje se lleva a cabo en las unidades de Nivel I, II y III, tomando en consideración los elementos abióticos, bióticos y antrópicos. Estos elementos se describen detalladamente de acuerdo al nivel taxonómico al que pertenecen y la escala que los define, y para ello las fuentes de información que se utilizan son el trabajo de campo, las ortofotografías, las imágenes satelitales y la cartografía temática a diferentes escalas.

El análisis del paisaje se realiza considerando elementos seleccionados y representativos de cada lugar, que incluyen la geología, la geomorfología, el clima, la vegetación y la cubierta del suelo, en tres escalas y con una precisión variable en función de a qué nivel (I, II o III) se hace referencia (Cuadro 1). Es importante notar que cada nivel taxonómico se define a partir de unos componentes de paisaje con un significado y grado de detalle distinto según la escala a la cual se encuentren y, por ende, al nivel taxonómico al cual se refieren. Ello pone de manifiesto la importancia de la escala en el estudio del territorio y, consecuentemente, en el análisis del paisaje. Los tres niveles de análisis empleados se corresponden con tres aproximaciones al paisaje distintas que, por tomar tres escalas de análisis diferente, proporcionan tres acercamientos distintos a una misma realidad.

Cuadro 1. Componentes considerados en el análisis del paisaje

NIVEL TAXONÓMICO	COMPONENTE DEL PAISAJE	DESCRIPCIÓN
Nivel I	Morfoestructura	Rasgo mayor del relieve (cientos de km ²), derivado de una historia geológica común, y controlado por la tectónica y/o la estructura geológica.
	Clima	Tipo de clima regional derivado de la incidencia de la organización morfoestructural sobre la dinámica atmosférica regional (zonalidad latitudinal y vertical).
Nivel II	Unidad de relieve	Relieve de escala media (decenas de cientos de km ²), caracterizado por un patrón en cuanto a origen, edad, morfología y litología. Sus atributos inciden en los recursos y limitantes biofísicos del paisaje.
	Mesoclima	Variante del clima regional. Refleja ciertos parámetros térmicos y pluviométricos que inciden en la capacidad del territorio para soportar una cierta carga biótica natural y un sistema de usos del suelo.
	Vegetación potencial	Tipo de vegetación más desarrollado que refleja el potencial biótico del paisaje, considerando el disturbio natural y/o cultural.
	Sistema de uso del suelo	Formas de ocupación y usos del suelo posibles con base en la consideración de los recursos y limitantes del medio biofísico.
Nivel III	Forma de relieve	Relieve de escala detallada resultante del modelado promovido por el medio bioclimático sobre la unidad de relieve.
	Tipo de vegetación	Formación vegetal resultado del aprovechamiento por un determinado stock florístico de sus condiciones ambientales, modificadas en mayor o menor medida por las acciones y usos antrópicos.
	Uso de suelo específico	Forma de ocupación y uso del suelo específico que la comunidad humana establece.

Fuente: elaboración propia

Para la recogida de datos en el campo resulta de gran utilidad el uso de fichas específicas, que permiten recolectar la información de manera sistematizada (Reynard, 2004). El análisis automatizado de los datos también resulta de gran utilidad, especialmente para aquellos ámbitos territoriales o variables ambientales con disponibilidad de información; entre los análisis cartográficos más comunes cabe destacar la confección del Modelo Digital del Terreno o Modelo Digital de Elevación (MDT o MDE), los mapas de hipsometría, inclinación y orientación de las pendientes, así como el uso de otras herramientas de análisis existentes en los Sistemas de Información Geográfica (Ramón y Salinas, 2013).

La última etapa del análisis consiste en georreferenciar y digitalizar la información existente, para así poder integrar las cartografías resultantes en un Sistema de Información Geográfica. Durante este proceso resulta de gran utilidad respetar la escala de análisis de cada nivel taxonómico, para no generar problemas de análisis escalar, y trabajar de manera metódica y ordenada (Ramón y Salinas, 2013).

Conviene notar de manera particular el significado de esta etapa de trabajo. En este punto, el método se centra en coleccionar la información relevante a cada nivel taxonómico, esto es Nivel I (1:100.000), II (1:75.000) y III (1:50.000), y en analizar la información pertinente para, posteriormente, delimitar, caracterizar y definir las unidades de cada nivel. Esta etapa pretende, sis-

tematizar y analizar la información en tres niveles escalares distintos; es por ello que el uso de información georreferenciada resulta de gran utilidad.

2.3. Síntesis

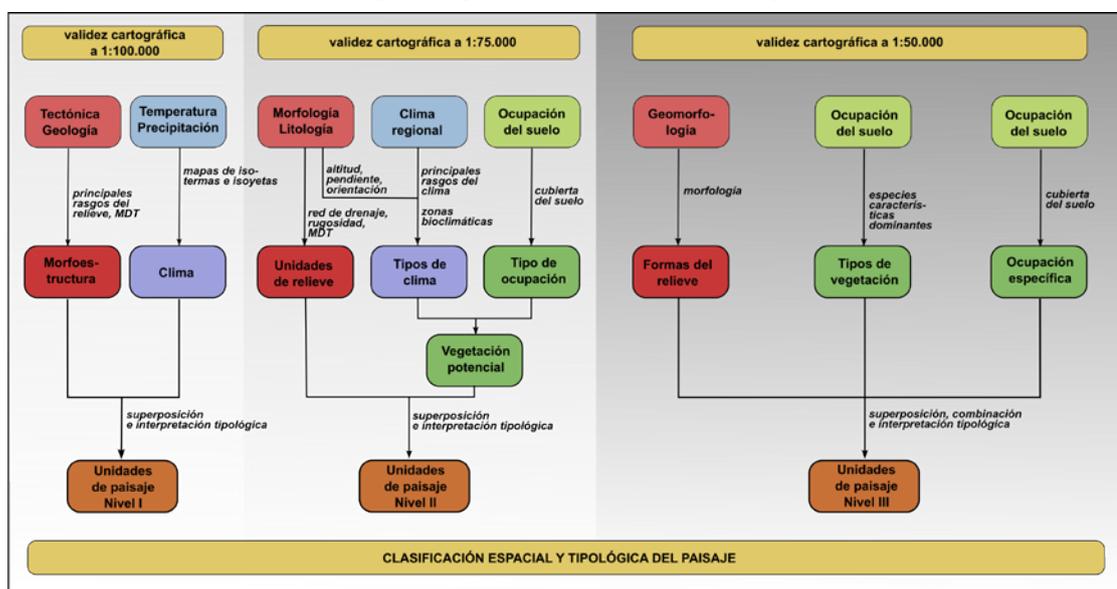
La síntesis del paisaje permite la integración de las distintas variables señaladas anteriormente, y se realiza adoptando un enfoque interpretativo, que resulta de gran utilidad para escalas medias y grandes. El proceso de integración parte de los criterios paramétricos definidos por Mitchell (1991), que se aplican desde un punto de vista holístico e integrador. Para ello se sobreponen las capas temáticas y se delimitan las unidades de paisaje de forma visual mediante técnicas directas, asociativas y deductivas (García-Romero, 2002), en un proceso que se estructura en tres fases (Gráfico 1). Este procedimiento permite establecer las unidades de paisaje y, a partir de la información recabada en las etapas anteriores, definir sus límites, caracterizarlas y cartografiarlas en tres niveles escalares alojados uno dentro de otro. El procedimiento se desarrolla de manera similar para cada nivel taxonómico, si bien cada uno de ellos presenta ciertas particularidades:

- Nivel I. La superposición de las capas cartográficas de morfoestructura y clima permite delimitar unidades homogéneas de Nivel I; este proceso se puede realizar mediante un simple análisis de combinación de capas disponible en cualquier Sistema de Información Geográfica. Con posterioridad al análisis digital, resulta necesario realizar una inspección visual con carácter cualitativo de los resultados, para eliminar o reasignar categorías poco representadas y perfilar los límites de las unidades.
- Nivel II. Las unidades de Nivel II se obtienen superponiendo las unidades de relieve, las cubiertas del suelo y la vegetación potencial, que en este contexto debe entenderse como indicativa del mesoclima. El resultado de esta operación genera un número considerable de combinaciones temáticas y límites espaciales, por lo que resulta necesario realizar una reclasificación de la capa temática resultante y, como en el caso anterior, inspeccionar visualmente el resultado y redefinir los límites finales de las unidades. Durante este proceso es de gran ayuda el conocimiento del área de estudio y de la realidad tratada, pues permite discernir las unidades de manera efectiva y coherente con la realidad.
- Nivel III. Las unidades de Nivel III se generan mediante la superposición y combinación de formas de relieve, tipos de vegetación y ocupación del suelo específica. Un procedimiento automatizado ayuda a generar polígonos rápidamente, pero por lo común el resultado final no es satisfactorio a causa del elevado número de combinaciones, su poca representatividad o escasa lógica. Es por ello que este paso se realiza de manera manual, considerando todos los datos recabados en el campo y el conocimiento del área de estudio. Habitualmente una unidad de paisaje determinada se compone de más de un polígono y la clasificación resultante requiere un esfuerzo de generalización y homogeneización que solo se puede conseguir de manera manual mediante el conocimiento de la realidad tratada.

El método descrito descansa en la superposición cartográfica, pero la supera largamente. Ello es porque, en primer lugar, el procedimiento requiere revisar el resultado de las superposiciones realizadas para verificar su coherencia; en segundo lugar, necesita de una inspección de los límites resultantes, para verificar su exactitud; y, en tercer lugar, pide una generalización de las clases resultantes, que se establece a partir de la información recabada en las dos etapas anteriores. El procedimiento requiere del conocimiento amplio del área de estudio para verificar tanto la calidad de los resultados temáticos como espaciales y, cuando procede, indicar las correcciones a realizar.

Los Sistemas de Información Geográfica ayudan a realizar los procedimientos cartográficos de forma ágil y sistematizada, pero no es posible descansar únicamente en ellos. El método necesita de una inspección visual pormenorizada y detallada de cada superposición, y el resultado correspondiente no se identifica con un simple cruce de mapas sino con una combinación de las unidades homogéneas detectadas para cada cartografía de referencia. En efecto, la singularidad de este procedimiento se encuentra en la combinación de los procedimientos automatizados e individuales: cada combinación con cada componente del paisaje –y para cada nivel taxonómico–, se trata individualmente en base al conocimiento del área de estudio, de las dinámicas territoriales observadas y de la realidad del paisaje detectada en las etapas primera y segunda del método, hecho que se traduce en una aprehensión de la realidad y una mejor comprensión del paisaje estudiado.

Gráfico 1. Esquema metodológico seguido para la clasificación jerarquizada de los paisajes.



Fuente: elaboración propia

2.4. Revisión y validación

- a) Adecuación cartográfica. El proceso de superposición cartográfica, en los tres niveles de análisis anteriormente descritos, genera un número muy elevado de polígonos residuales, de escasa superficie o sin lógica cartográfica. En los pasos anteriores, las unidades poco representadas o irrelevantes se reclasifican temáticamente para incorporarlas a otras unidades de mayor representatividad o significado; en esta fase se realiza un ajuste cartográfico para adecuar la dimensión de los polígonos a la realidad escalar de cada nivel. De acuerdo con la escala, la unidad mínima cartografiada se establece en 500m² para las unidades del Nivel I; 375m² para las unidades del Nivel II; y 250m² para las unidades del Nivel III. Este proceso se puede realizar de manera ágil mediante un Sistema de Información Geográfica, aunque se requiere una revisión final de carácter manual y cualitativo para verificar la lógica, geometría y posición de las unidades. De nuevo, el conocimiento del área de estudio resulta de gran utilidad para desarrollar este paso de manera exitosa.
- b) Denominación de las unidades. Las unidades se denominan utilizando criterios descriptivos que hagan referencia al elemento o elementos que las caracterizan. Para ello se emplean

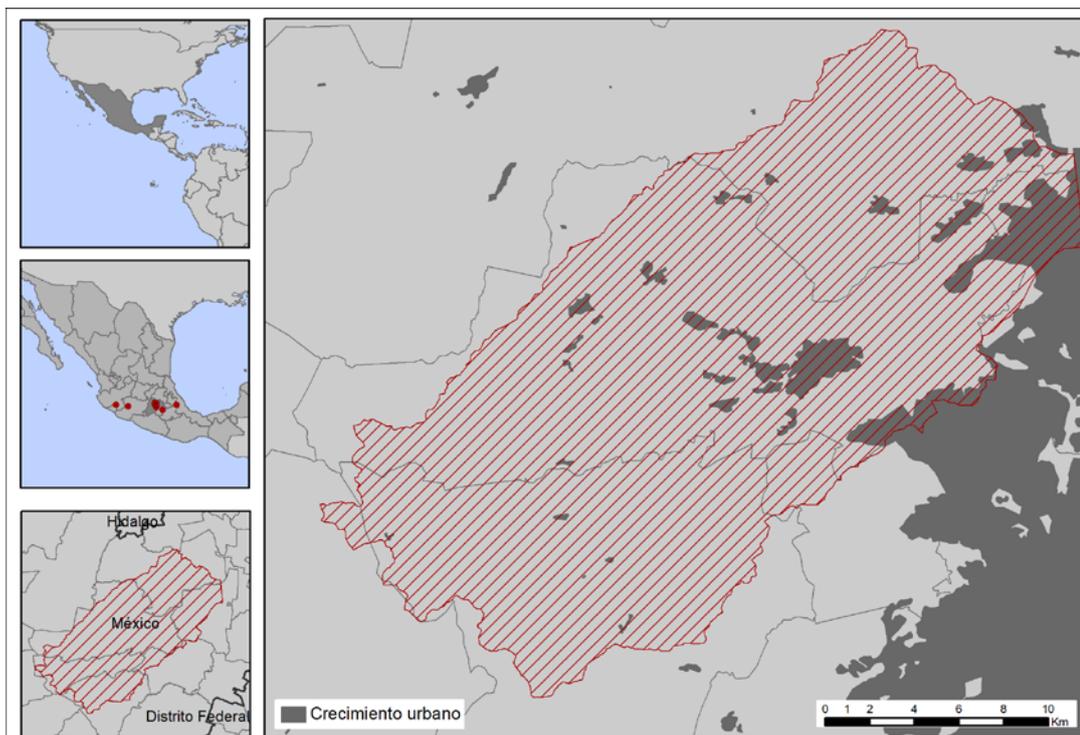
los elementos abióticos en primer lugar, por tener un carácter más estable, y los bióticos en segundo lugar, por tener un carácter menos estable. Para las categorías de Nivel I y II resulta de utilidad utilizar nombres geográficos reconocidos en la región, porque refuerzan el sentido de lugar del paisaje.

- c) Validación final. El último paso del método consiste en la validación en campo de las unidades obtenidas anteriormente. Para ello se sigue un muestreo aleatorio estratificado, que sirve para verificar la correspondencia con la realidad e incluir las modificaciones necesarias, si resulta preciso. En el caso de detectarse desviaciones, éstas se corrigen y se inicia de nuevo la secuencia metodológica aquí expuesta, para verificar la calidad y coherencia del estudio.

2.5. Estudio de caso: Cuenca del río Cuautitlán

El procedimiento explicado ha sido aplicado con éxito en distintos lugares de las altas montañas tropicales del centro de México: Volcán Cofre de Perote, Sierra de las Cruces y Cuenca del río Tuxpan. Todas estas áreas son zonas montañosas (altitudes superiores a los 1.800m), y se caracterizan por poseer mosaicos rurales en ambiente de bosque templado. En este trabajo se muestra el estudio realizado en la cuenca del río Cuautitlán, una zona de gran interés en el noroeste de la Ciudad de México que se caracteriza por la presencia de paisajes contrastados que van desde los 2.200m de la expansión urbana a los 3.500m de los bosques primarios, pasando por potreros y áreas de cultivo. Doce tipos de bosque crecen en esta zona, y ~300.000 habitantes se asientan en la región, la mayoría de ellos en las zonas de menor altitud. El crecimiento urbano de la Ciudad de México hace de esta zona un sitio de gran interés para la planificación y gestión sostenible del territorio (Mapa 1).

Mapa 1. Localización del área de estudio. En el mapa guía del centro se muestran las áreas de estudio donde se ha desarrollado la metodología que se presenta y, de manera destacada, la cuenca del río Cuautitlán.



Fuente: elaboración propia

En la cuenca del río Cuautitlán se encuentran dos grandes morfoestructuras: llanuras y sierras, y el clima regional se resume en cuatro combinaciones de temperatura y precipitación, de acuerdo con INEGI (1983). Se distinguen once tipos de relieve: domo volcánico, ladera lávica, escarpe tectónico, lomerío de tefra, lomerío de toba, lomerío lávico, barranco, abanico aluvial, planicie aluvial, terraza fluvial y talud de detritos. Las formas del relieve aumentan los tipos de relieve a diecinueve, teniendo en cuenta los diferentes grados de inclinación de la pendiente, abarrancamientos y materiales volcánicos. La vegetación original se clasifica en cuatro clases: bosque de coníferas (*Abies religiosa*, *Pinus spp.*), bosque de frondosas (*Quercus spp.*), bosque mixto y matorrales. El sistema de uso del suelo y vegetación desagregado se define en once categorías, de acuerdo con la estructura (bosque abierto o cerrado, y matorral abierto o cerrado), el dominio principal de vegetación arbórea, el grado de naturalidad en tierras de pasto, la densidad del tejido urbano y el tipo de cultivo (Imagen 1).

Imagen 1. Vistas del área de estudio: 1: presa Capoxi, en la zona alta; 2: laderas tendidas con cultivos, en la zona media; 3: arcos de Tepucaja, en la zona baja; 4: crecimiento urbano de Nicolás Romero, en la zona baja.



Fuente: elaboración propia

3. Resultados

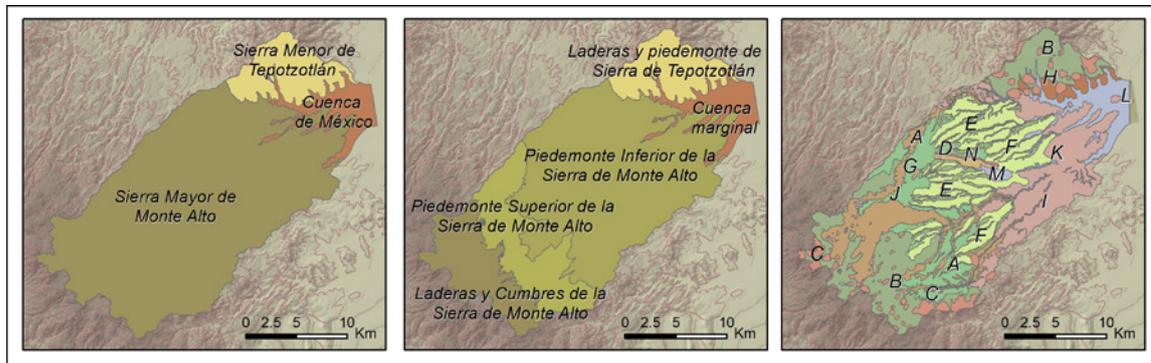
Los paisajes de la Cuenca del río Cuautitlán se organizan en tres unidades de Nivel I, cinco de Nivel II y 83 de Nivel III. Las unidades de Nivel I y II tienen representación única, por lo que el número de polígonos coincide con el de las unidades. Por el contrario, el grado de detalle del Nivel III facilita que se hayan identificado más de 2.500 polígonos, que se corresponden con las mencionadas 83 unidades de paisaje (Cuadro 2, Mapa 2).

Cuadro 2. Niveles de organización del paisaje en la cuenca del río Cuautitlán.

Nivel I	Nivel II	Nivel III
Sierra Mayor de Monte Alto	Laderas y Cumbres de la Sierra de Monte Alto	18
	Piedemonte Superior de la Sierra de Monte Alto	75
	Piedemonte Inferior de la Sierra de Monte Alto	35
Sierra Menor de Tepotzotlán	Laderas y Piedemonte de la Sierra de Tepotzotlán	9
Cuenca de México	Cuenca marginal	6

Fuente: elaboración propia

Mapa 2. Unidades de paisaje de Nivel I (izquierda), Nivel II (centro) y Nivel III (derecha); las unidades de Nivel III se han agrupado en clases, para mayor información véase la explicación en el apartado correspondiente y en el Cuadro 2.



Fuente: elaboración propia

3.1. Nivel I

El área de estudio se organiza en tres estructuras paisajísticas principales, que son representativas de la diversidad ambiental del centro de México: Sierra Mayor de Monte Alto, Sierra Menor de Tepotzotlán y Cuenca de México, que extienden sus límites más allá del área de estudio (Mooser *et al.*, 1996).

La Sierra Mayor de Monte Alto (404,95 km²) es una estructura volcánica del Plio-Cuaternario, caracterizada por una secuencia de cinturones bioclimáticos contrastados y la principal ocupación del suelo son bosques de coníferas y frondosas. La Sierra Menor de Tepotzotlán (50,19 km²) es una pequeña estructura volcánica del Terciario caracterizada por un cinturón bioclimático templado y subhúmedo con bosques bajos de encino. La unidad denominada Cuenca de México (32,02 km²) incluye las pequeñas estribaciones de la cuenca que penetran en el área de estudio, se hallan constituidas por la acumulación de sedimentos fluviales, gozan de clima subhúmedo y templado y las cubiertas dominantes son los matorrales xerófilos y las áreas urbanas.

3.2. Nivel II

La Sierra Mayor de Monte Alto incluye tres unidades de Nivel II:

Laderas y Cumbres de la Sierra de Monte Alto (62,96 km²). Se trata de una unidad de altas cumbres (>3.100 m) y laderas escarpadas. Los climas cambiantes del Cuaternario provocaron el modelado

de extensos valles y cabeceras encajados sobre lavas fracturadas del Terciario, siendo frecuentes los escarpes erosivos afectados por procesos de gravedad y fluviales. El desnivel topográfico supera los 500 m y favorece las precipitaciones orográficas (>1000 mm/año) y una drástica transición de los climas templados a los frescos en las cumbres, con bosques de coníferas como vegetación potencial dominante. La inaccesibilidad limita el desarrollo agropecuario, razón por la cual la diversidad paisajística es baja; sin embargo, en las últimas décadas los recursos forestales han impulsado el desarrollo del turismo.

Piedemonte Superior de la Sierra de Monte Alto (246,54 km²). Esta unidad (de 2.700 a 3.100 m) se caracteriza por complejas series de capas vulcano-detríticas del Plio-Cuaternario fracturadas y erosionadas, con clima templado lluvioso, y bosques mixtos de coníferas y frondosas en valles fluviales asimétricos y profundamente encajados (>200 m). El patrón paisajístico se caracteriza por extensos bosques mixtos en las laderas pronunciadas, y uso agrícola y asentamientos urbanos en las laderas tendidas.

Piedemonte Inferior de la Sierra de Monte Alto (77,41 km²). En contraste con la unidad anterior, el Piedemonte Inferior (<2.600 m) se caracteriza por extensos lomeríos simétricos y poco prominentes. Los aprovechamientos agrícolas son habituales, aunque tienden al abandono por la expansión de las áreas urbanas. La perturbación se manifiesta hacia la base con procesos de inestabilidad de las laderas, intensas arrolladas y abarrancamientos locales, lo cual compromete la recuperación de los bosques de encino, comúnmente enfermos y plagados.

La Sierra Menor de Tepetzotlán alberga una unidad de Nivel II:

Laderas y piedemonte de la Sierra de Tepetzotlán (50,28 km²). Esta unidad (de 2.600 a 3.000 m) incluye domos y laderas lávicas del Mioceno, delimitadas en su base por un estrecho piedemonte que se formó por el arrastre fluvial de antiguas tobas volcánicas. A causa de la deforestación con fines agrícolas, el patrón paisajístico actual es de muy baja calidad, ya que los bosques bajos de encino originales fueron sustituidos por pastizales y matorrales secundarios, y los suelos poco desarrollados con frecuencia se encuentran desnudos y afectados por una severa erosión hídrica. Esta degradación se traduce en menores posibilidades de recuperación ecológica y una progresiva simplificación de la diversidad paisajística.

La Cuenca de México alberga una unidad de Nivel II:

Cuenca marginal. Esta unidad (32,02 km²) corresponde a una estribación de la planicie que forma el fondo de la Cuenca de México. Está formada por la acumulación de materiales aluviales y detríticos provenientes de las estructuras volcánicas de la sierra. La disponibilidad de suelo, agua y estabilidad hidrogeomorfológica han permitido el desarrollo de la agricultura de riego para la producción de hortalizas y maíz que se destinan al comercio regional, en torno a algunas de las localidades más importantes del área. En consecuencia, los bosques naturales han sido eliminados y sólo se encuentran formaciones dispersas replegadas en el interior de los principales barrancos afluentes del río Cuautitlán.

3.3. Nivel III

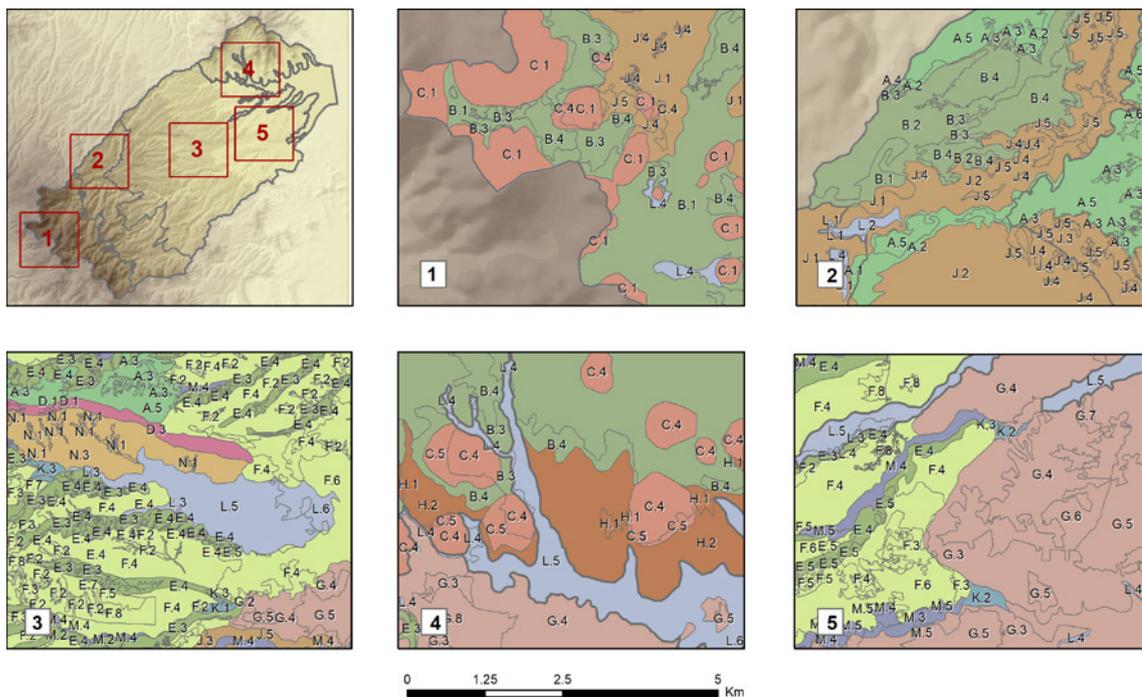
Las unidades de Nivel III se organizan en 83 unidades de paisaje con 2.594 polígonos de distinta forma y dimensión que sintetizan los rasgos principales del paisaje a escala 1:50.000. Las unidades se distinguen a partir de los elementos que en ellas predominan, utilizando en primer lugar

los de carácter abiótico, que son más estables y duraderos, y en segundo lugar los de carácter biótico o antrópico, que son menos estables. Este procedimiento resulta altamente funcional, porque permite agrupar las unidades de paisaje por criterios geomorfológicos y producir una clasificación temática y también espacial, que se complementa perfectamente con el sistema taxonómico empleado y que permite una cartografía del paisaje de gran valor comunicativo.

Desde el punto de vista de la organización del paisaje, algunas de las unidades identificadas en el Nivel III pertenecen a una única unidad de Nivel II, mientras que otras se hallan presentes en más de una unidad de Nivel II y Nivel I (Mapa 3). Según los criterios abióticos utilizados para agrupar categorías, el 86,84% de las unidades diferenciadas a este nivel pertenecen a la unidad Sierra Mayor de Monte Alto, que es la unidad de Nivel I de mayor extensión en el área de estudio, un 13% a la Sierra Menor de Tepetzotlán, y una única clase a la Cuenca de México, que tiene una localización marginal en el área de estudio y es mucho más homogénea que el resto de las unidades.

Las clases empleadas para agrupar las unidades de paisaje del Nivel III han sido las siguientes: A: Ladera de pendiente acusada; B: Lomerío de toba; C: Lomerío lávico; D: Planicie aluvial; E: Talud de detritos; F: Terraza fluvial; G: Barranco; H: Domo volcánico; I: Escarpe tectónico; J: Ladera lávica; K: Ladera de pendiente media; L: Ladera de pendiente suave; M: Lomerío de tefra; N: Abanico aluvial. Para cada una de estas clases se han detectado los elementos bióticos o antrópicos de mayor relevancia, de tal suerte que la combinación de elementos abióticos y bióticos o antrópicos describe y designa las unidades de paisaje. Por ejemplo, la clase ladera de pendiente acusada (A) se desagrega en ocho categorías: con Bosque de coníferas (A1); Bosque mixto (A2); Bosque de encinos (A3); Vegetación degradada (A4); Cultivos (A5); Asentamientos dispersos (A6); Cantera (A7); y Suelo desnudo (A8). En el Mapa 3 se muestran cuatro cartografías de detalle del Nivel III de sectores seleccionados y en el siguiente enlace se puede consultar la composición cartográfica completa: <<https://bit.ly/2EEyPFo>>.

Mapa 3. Cartografía de detalle de las unidades de paisaje de Nivel III.



Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

El método que presentamos se caracteriza por la combinación de planteamientos holísticos (Bertrand, 1968) y paramétricos (Mitchell, 1991), y por la profunda lógica espacial sobre la cual se asienta. La base conceptual del método tiene un carácter eminentemente sistémico que se manifiesta en la manera de entender, analizar y sistematizar las unidades. Desde el punto de vista espacial, el método presenta una coherencia territorial y una lógica multiescalar sólida, que es heredera de los procedimientos clásicos de estudio del paisaje (Isachenko, 1973; Bolòs, 1992; Muñoz, 1998) y que se alinea con planteamientos de trabajo de carácter geográfico (Vallés *et al.*, 2012).

Esta combinación de procedimientos no es habitual entre los métodos actuales de estudio de paisaje (Brunetta y Voghera, 2008; Van Eetvelde y Antrop, 2009) y se configura como un puente entre procedimientos similares al del Carácter del Paisaje y al LANMAP, que son los que dominan el panorama metodológico en un ámbito internacional (Swanwick, 2002; Mùcher *et al.*, 2003). El análisis espacial a tres escalas distintas resulta de gran interés porque permite una aproximación en tres niveles, lo que posibilita entender el paisaje en un ámbito local y regional al mismo tiempo. Este hecho conlleva una mejor aprehensión del paisaje y un mejor entendimiento de las relaciones espaciales derivadas, tal como deja de manifiesto el estudio realizado por Mezòsi *et al.* (2016) sobre taxonomías territoriales y gradaciones escalares. Al mismo tiempo, se asegura la diferenciación de las relaciones entre los componentes del paisaje (físicos, biológicos y culturales) que ocurren en los paisajes de un mismo nivel y entre paisajes de distinto nivel, tal como dejan de manifiesto otros trabajos previos (Arias *et al.*, 2016; Gómez Zotano *et al.*, 2018).

Una de las particularidades más interesantes de este procedimiento se encuentra en la importancia que se concede a los elementos estructurantes o diferenciadores del paisaje (Muñoz, 1998; García-Romero, 2002). En efecto, a la hora de realizar el análisis y la síntesis del paisaje y, posteriormente la caracterización de las unidades, el método considera todos aquellos elementos con significado *real* en el paisaje, es decir, con una contribución evidente y significativa en la constitución del mismo. Este planteamiento marca un distanciamiento respecto a otros procedimientos de carácter historicista o enciclopédico que fijan interés en la excepcionalidad del paisaje (De Montis, 2014; Tudor, 2014), y demuestra un acercamiento a procederes dinámicos (Botequilha *et al.*, 2006), que se articulan sobre los elementos estructurantes del paisaje y prestan atención a su contribución efectiva en el conjunto.

El proceso de análisis y síntesis del paisaje se concibe como ejercicio manual, donde el trabajo de campo constituye una fuente de información valiosa, y por otra parte como ejercicio geomático, donde la utilización de los Sistemas de Información Geográfica acelera y resuelve numerosas etapas de trabajo (Alcántara y Muñoz, 2015). Conviene puntualizar, sin embargo, que a diferencia de otros procedimientos (Mùcher *et al.*, 2010) el método reseñado, si bien utiliza procesos automatizados, en las distintas etapas se requiere de una supervisión manual y cualitativa, que cerciore su bondad y verifique su corrección. Esta práctica es común en otros estudios de paisaje; algunas experiencias, como la de Arias *et al.* (2017), explicitan claramente la inconveniencia de depender de procesos totalmente automatizados y, al mismo tiempo, la oportunidad de la supervisión de expertos en la materia. La combinación de procedimientos manuales y automatizados no es rara en estudios de paisaje, y trabajos como el de Van Eetvelde y Antrop (2009) en Bélgica demuestran su utilidad.

Desde otro punto de vista, conviene subrayar la utilidad de este procedimiento para fines aplicados como el ordenamiento y la planificación territorial. Como han notado otros autores (Muñoz

y Gómez Zotano, 2016; Gómez Zotano *et al.*, 2018), en la actualidad numerosos estudios dirigen sus aspiraciones a finalidades aplicadas, entre las que cabe contar la valoración, la protección y la gestión sostenible del paisaje. El hecho de utilizar distintas escalas de análisis y síntesis, adoptar una dimensión espacial, apoyarse en trabajo de campo y procedimientos geomáticos, y combinar metodologías holísticas y paramétricas, hace del mismo una herramienta ideal para aprehender la complejidad del territorio (Ramón y Salinas, 2013). Como se trata de un enfoque abierto, las clases de paisaje situadas cerca del límite del área de estudio se prolongan más allá del área cartografiada, hecho que resulta de gran utilidad en tareas de planeamiento. El método expuesto se complementa perfectamente con otros procedimientos (Jones, 2007) para recabar la opinión de la ciudadanía, y se alinea con otros enfoques de reconocida validez (De Montis, 2014).

Finalmente, cabe indicar que el uso de los Sistemas de Información Geográfica permite realizar salidas cartográficas de alta resolución gráfica, lo cual resulta beneficioso para divulgar el estudio y demostrar la magnitud espacial del paisaje. En nuestro caso (<https://bit.ly/2EEyPFo>) la información original se procesó con el programa ILWIS 3.2 (ITC, 2004) y QGis 2.01 (QGis, 2015), la composición cartográfica se realizó con ArcGis 10.2 (ESRI, 2015) y los gráficos internos con Corel Draw X3 (Corel, 2007) e Inkscape 0.91 (Inkscape, 2015). Desde el punto de vista del diseño cartográfico, la composición del mapa principal consiste en un fondo topográfico elaborado mediante un Modelo Digital de Elevación y un sombreado de 25 m de resolución que incluye la red fluvial y los asentamientos humanos. La planimetría se digitalizó sobre GoogleEarth empleando el complemento Openlayers de QGis. La representación cartográfica se realizó utilizando colores asociativos de baja saturación para las categorías de paisaje de Nivel III, con rótulos de tipografía de cuerpo pequeño que permite distinguir las clases en cada categoría. El mapa principal tiene precisión cartográfica a escala 1:75.000, que es la escala de impresión resultante en una lámina DIN A-1.

En definitiva, el método mostrado permite una aproximación al paisaje desde una perspectiva integrada, tomando en cuenta sus componentes y relaciones, prestando especial atención a su dimensión espacial, estando concebido de manera multiescalar y se organiza en tres niveles de análisis que se relacionan con una determinada escala cartográfica. El Nivel I, que corresponde a unidades de gran extensión y poco detalle se concibe con validez a 1:100.000; el Nivel II se entiende con lógica a 1:75.000; y el Nivel III, que se corresponde con unidades de poca extensión y elevado detalle, tiene corrección a escala 1:50.000.

La lógica del procedimiento se asienta en una combinación de métodos de carácter holístico y paramétrico; ello propicia la inserción del método en un marco teórico y conceptual preestablecido y, al mismo tiempo, facilita la comprensión del paisaje en su contexto inmediato en tres niveles escalares de acercamiento. Como ya se ha avanzado, los niveles menos detallados muestran un grado de homogeneidad menor en amplias extensiones, mientras que los niveles más detallados revelan mayor homogeneidad en pequeñas extensiones territoriales. Esta particularidad dota el método de coherencia espacial, y propicia un acercamiento multiescalar de gran utilidad para la cartografía de las unidades de paisaje.

El método expuesto se ha llevado a la práctica en distintas localidades del centro de México, entre las que se encuentran el volcán Cofre de Perote y la Sierra de las Cruces, y, presentándose aquí por su interés y representatividad, el caso de estudio de la cuenca del río Cuautitlán, donde fueron distinguidas y cartografiadas tres unidades de Nivel I, cinco de Nivel II y ochenta y tres de Nivel III. Conviene destacar de forma particular que los tres niveles taxonómicos estudiados facilitan

una aproximación a la realidad paisajística del lugar de carácter multiescalar, lo cual tiene gran interés a la hora de realizar estudios aplicados, como los de planificación territorial.

El procedimiento presentado permite obtener resultados satisfactorios en contextos montañosos de latitudes tropicales. Su lógica y desarrollo proporciona información útil en estudios con finalidad aplicada, y se conoce como una herramienta de gran utilidad para la planificación y gestión ambiental y del territorio. Queda pendiente implementar el procedimiento en ámbitos de las montañas tropicales del hemisferio sur, para evaluar su bondad.

5. Agradecimientos

Este estudio se ha llevado a cabo en el marco del Proyecto DGAPA-PAPIIT- IN301218 de la UNAM, de la ayuda *Becas Iberoamérica Jóvenes Profesores e Investigadores del Banco Santander* y del proyecto CHORA (CSO2017-82411-P) del Ministerio español de Economía y Competitividad y el grupo de investigación GRATET (2009-SG744) de la Generalitat de Cataluña.

6. Referencias bibliográficas

- Abalakov, A.; Sedyk, H. (2010). «Regional-typological study and mapping of geosystems: analysis of the implementation». *Geography and Natural Resources*, 31, 317–323.
- Alcántara, Jorge; Muñoz, Jesús Miguel (2015). «Método automatizado de Identificación y Clasificación de unidades de Paisaje». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 41(1), 205-230.
- Arias García, Jonatan; Gómez Zotano, José ; Delgado Peña, José Jesús (2017). «Classifying landscape in endorheic basins: a methodological approach for the implementation of the European Landscape Convention». *European Journal of Geography*, 8 (2), 55-77.
- Bertrand, Georges (1968). «Paysage et géographie physique globale». *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39 (3), 249-272.
- Bolòs, Maria (1992). *Manual de ciencia del paisaje*. Barcelona: Masson.
- Botequilha, Amdré; Miller, Joseph; Ahern, Jack; McGarigal, Kevin (2006). *Measuring Landscapes: a planner's handbook*. Washington: Island Press.
- Brunetta, Grazia; Voghera, Angioletta (2008). «Evaluating Landscape for Shared Values: Tools, Principles, and Methods». *Landscape Research*, 33, 71-87. doi: 10.1080/01426390701773839.
- Christian, C. S.; Stewart, G.A (1964). «Methodology of Integrated Survey». En UNESCO, *Proceedings of the Toulouse Conference in Aerial Surveys and Integrated Studies*. Paris: UNESCO, 233-281.
- De Montis, Andrea (2014). «Planning systems: A comparative investigation of six case studies». *Landscape and urban Planning*, 124, 53-65. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.005>.
- Diàkonov, Kirill Nikolaevič (2007). *Landscape Analysis for Sustainable Development: Theory and applications of Landscape Science in Russia*. Moscú: Alex Publishers.
- CONSEJO DE EUROPA (2000). *Convenio europeo del paisaje*, 2000. <http://www.coe.int/ca/web/landscape/home>. [consulta: 24 de octubre de 2017]
- FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE ARQUITECTOS PAISAJISTAS. *Iniciativa Latinoamericana del Paisaje (LALI)*. Medellín. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0671043.pdf>. [consulta: 27 de marzo de 2018].
- García-Romero, Arturo (2002). «An Evaluation of Forest Deterioration in the Disturbed Mountains of Western México City». *Mountain Research and Development*, 22 (3), 270-277. doi: 10.2307/3674347.
- García-Sánchez, Laeticia (2015). *Aplicación de indicadores ambientales para valorar el potencial turístico del paisaje en la cuenca del río Cuautitlán, Estado de México*. México: Instituto de Geografía-UNAM.

- Gómez Zotano, José; Riesco Chueca, Pascual; Frolova Ignatieva, Marina; Rodríguez Rodríguez, Jesús. (2018). «The landscape Taxonomic Pyramid (LTP): a multi-scaled classification adapted to spatial planning». *Landscape Research*. doi:10.1080/01426397.2017.1404021.
- Isachenko, Anatolii Grigorevich (1973). *Principles of Landscape Science and Physical Geography Regionalization*. Melbourne: Massey, 1973.
- Jones, Michael (2007). The European Landscape Convention and the Question of Public Participation. *Landscape Research*, 32 (5), 613-633. doi: 10.1080/01426390701552753.
- Mitchell, Colin (1991). *Terrain Evaluation*. London: Longman.
- Mezösi, Gábor; Csorba, Peter; Bata, Teodóra; Blanka, Viktória; Ladányi, Zsuzsanna (2016). «Similarity assessment of natural landscapes based on taxonomic distance». *Applied Ecology and Environmental Research*, 4 (3), 679-693.
- Mooser, Federico; Montiel, Arturo; Zúñiga, Ángel (1996). *Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla: estratigrafía, tectónica regional y aspectos geotérmicos*. Ciudad de México: Comisión Federal de Electricidad. México.
- Múcher, C.A.; Bunce, R.G.H.; Jongman, R.H.G.; Klijin, J.A.; Koomen, A.J.M.; Metzger, M.J.; Washer, D.M. (2003). *Identification and Characterisation of Environments and Landscapes in Europe*. Alterra Report N° 832. <http://content.alterra.wur.nl/internet/webdocs/internet/geoinformatie/projects/LANMAP2/publications/Alterrarep832.pdf> [consulta: 24 de octubre de 2017].
- Múcher, C.J.; Klijin, D.; Wascher, D.; Schamine, J. (2010). «A new European Landscape Classification (LANMAP): a transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes». *Ecological Indicators*, 10, 87-103.
- Muñoz, Julio (1998). «Paisaje y geosistema. Una aproximación desde la Geografía Física». En: Martínez de Pisón, Eduardo (Dir.) *Paisaje y Medio Ambiente*. Valladolid: Fundación Duques de Soria y Universidad de Valladolid, 45-55.
- Muñoz Diego Andrés; Gómez Zotano, José. (2016). «Propuesta metodológica para la gestión de los paisajes de páramo en el marco de la Iniciativa Latinoamericana del Paisaje (LALI)». *Perspectiva Geográfica*, 21 (2), 225-250.
- Ramón, Adonis; Salinas, Eduardo (2013). «Propuesta metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local», *Revista do Departamento de Geografía – USP*, 25, 3- 22.
- Reynard, Emmanuel (2004). «Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques». *Paysages géomorphologiques. Travaux et recherches*, 27, 123-136.
- Salinas, Eduardo (2005). «La geografía física y el ordenamiento territorial en Cuba». *Gaceta Ecológica*, 76, 35-51.
- Salinas, Eduardo; García, Alberto; Miravet, Bárbara; Remond, Ricardo; Cruañas, Elizabeth (2013). «Delimitación, Clasificación y Cartografía de los Paisajes de la cuenca Ariguanabo, Cuba, mediante el uso de los SIG», *Revista Geográfica del IPGH*, 154, 9-30.
- Salinas, Eduardo; Remond, Ricardo (2015). «El Enfoque Integrador del Paisaje en los Estudios Territoriales: Experiencias Prácticas». En Garrocho, Carlos; Buzai, Gustavo (Eds.). *Geografía Aplicada en Iberoamérica: avances, retos y perspectivas*. Ciudad de México: Colegio Mexiquense, 503-543.
- Serrano, David (2012). «Consideraciones en torno al concepto de unidad de paisaje y sistematización de propuestas». *Estudios Geográficos*, LXXIII (272), 215-237. doi: 10.3989/estgeogr.201208.
- Tudor, Christine (2014). *An Approach to Landscape Character Assessment*. Sheffield: Natural England. <http://www.programmeofficers.co.uk/Cuadrilla/CoreDocuments/CD40/CD40.20.PDF> [consulta: 24 de octubre de 2017].
- Swanwick, Carys (2002). *Landscape Character Assessment: Guidance for England and Scotland*. Edinburgh: Countryside Agency and Scottish Natural Heritage. <http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/LCA/LCA.pdf>. [consulta: 24 de octubre de 2017].
- Vallés, María; Galiana, Francisco; Bru, Rafael (2012). «Towards Harmonisation in Landscape Unit Delineation: An Analysis of Spanish Case Studies». *Landscape Research*, 38 (3), 329-346. doi:10.1080/01426397.2011.647896.
- Van Eetvelde, Veerle; Antrop, Marc (2009). «A stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium». *Landscape and Urban Planning*, 91, 160-170. doi: 10.1016/j.landurbplan.2008.12.008.
- Wascher, Dirk (2005). *European Landscape Character Areas. Typologies, Cartography and Indicators for the Assessment of Sustainable Landscapes*. Alterra Report 1254. <http://edepot.wur.nl/1778> [consulta: 24 de octubre de 2017].

- Zonneveld, Isaak (1995). *Land Ecology, An introduction to Landscape Ecology as a base for Land Evaluation, Land Management and Conservation*. Ámsterdam: SPB Academic Publ.

Sobre los autores

DAVID SERRANO GINÉ

Desempeña su actividad académica en la Universidad Rovira i Virgili, sus campos de trabajo son la cartografía, los sistemas de información geográfica y el paisaje. Recientemente ha coordinado un estudio sobre capacidad de carga social en playas que ha visto la luz en la revista *The Professional Geographer*.

ARTURO GARCÍA ROMERO

Investigador en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, sus investigaciones se centran en la vegetación, el paisaje y las perturbaciones antrópicas de los sistemas naturales. Ha publicado numerosas investigaciones sobre estos temas en revistas especializadas, entre las que cabe destacar *Environmental Conservation*, *Environmental Management*, *Landscape Ecology* y *Mountain Research and Development*.

LAETICIA AZUCENA GARCÍA SÁNCHEZ

Doctoranda en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde realiza su tesis sobre el significado, la importancia y la cartografía de geositios. Ha realizado estancias de investigación en universidades de Latinoamérica y Europa y ha participado en numerosos congresos de temática geográfica.

EDUARDO SALINAS CHÁVEZ

Profesor Titular de la Universidad de La Habana, actualmente trabaja como Profesor Visitante en la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, sus líneas de investigación son el paisaje, el turismo y el ordenamiento territorial. Con 42 años de experiencia académica y más de un centenar de trabajos de investigación, incluyendo tesis doctorales, ha participado en más de 80 proyectos de investigación y publicado sus resultados en más de un centenar de publicaciones científicas.