

Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México

Functional zones and physical-geographic landscape units in the micro-basin *Potrero de la Palmita, Nayarit, Mexico*

*Alejandro César Valdés Carrera*¹

Universidad Autónoma de Querétaro

*Juan Alfredo Hernández Guerrero*²

Universidad Autónoma de Querétaro, México

<http://dx.doi.org/10.15359/rgac.60-1.7>

RESUMEN

Las zonas funcionales y las unidades de paisaje de una microcuenca permiten analizar de manera sistémica los procesos presentes y futuros en los subsistemas y la dinámica histórico-evolutiva de sus componentes (ambientales, sociales y económicos), a la vez que permiten trabajar con diferentes escalas de análisis. El presente trabajo tiene como objetivo la delimitación de zonas funcionales y la clasificación de unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México, para describir, diagnosticar y contribuir en la planificación y gestión de acciones con el uso de los recursos naturales. Para contestar el objetivo se utilizó el método de delimitación de zonas funcionales a nivel nacional (México) y el método para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje físico-geográfico adaptada a escala local (1:10,000). El resultado fue la delimitación de tres zonas funcionales; captación (alta), transición (media) y descarga (baja). Además,

1 Maestro en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Campus Aeropuerto. Dirección: Carretera a Chichimequillas s/n, Ejido Bolaños. C.P. 76140. Correo electrónico: alejandrovaldes321@gmail.com

2 Doctor en Geografía. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Campus Aeropuerto. Dirección: Carretera a Chichimequillas s/n, Ejido Bolaños. C.P. 76140. Correo electrónico: juan.hernandez@uaq.mx

Recibido: 22 de abril de 2017
Aprobado: 5 de octubre de 2017

se identificaron 39 unidades de paisaje para las tres zonas; 17 corresponden a la zona alta, 18 a la zona media y 4 a la zona baja. La investigación representó una metodología viable para trabajar a escala de gran detalle, pues con el análisis de la estructura vertical y horizontal de las unidades de paisaje físico-geográfico se logró obtener una base de la dinámica y procesos que se llevan a cabo en la microcuenca para contribuir en estrategias encaminadas a la gestión, planeación y uso de los recursos de un territorio.

Palabras clave: Microcuenca, Zonas funcionales, Unidades de paisaje.

ABSTRACT

The functional zones and the landscape units of a micro-basin allow systematically analyzing the current and future processes in the subsystems and historical-evolutionary dynamics of its components (environmental, social and economic), while allowing to work with different scales of analysis. This work aims at defining functional zones and the classification of physical-geographical landscape units in the *Potrero de la Palmita* micro-basin, *Nayarit*, Mexico to describe, diagnose and contribute to the planning and management of actions for the use of natural resources. In order to fulfill the objective, the method of defining functional zones at national level (Mexico) and the method for the semi-automated generation of physical-geographic landscape units adapted at a local scale (1: 10,000) were used. The result was the delimitation of three functional zones; reception (high), transition (mid) and discharge (low). In addition, 39 landscape units were identified for the three zones -17 correspond to the upper zone, 18 to the middle zone, and 4 to the lower zone. The research represented a viable methodology to work on a scale of great detail. This because the analysis of the vertical and horizontal structure of the units of physical-geographical landscape helped obtain a basis of the dynamics and processes that are carried out in the micro watershed to contribute in strategies aimed at the management, planning, and use of the resources of a territory.

Keywords: Micro-basin, Functional zones, Landscape units.

1. Introducción

La cuenca hidrográfica es un sistema compuesto por subsistemas y elementos complejos y heterogéneos que se convierte en un territorio idóneo para ejercer la labor conjunta de gestión y manejo de los recursos naturales (García, 2006; Gilland *et al.*, 2009). La gestión y el manejo de cuencas establecen como prioridad la conservación del ambiente (Pineda *et al.* 2015). Para comprender la dinámica de la cuenca mediante un enfoque sistémico deben reconocerse tres zonas funcionales: a) La de captación, de cabecera o cuenca alta; b) La de almacenamiento, de transición o cuenca media; y c) La de descarga, de emisión o cuenca baja (Garri-do *et al.*, 2010 en Cotler *et al.*, 2013). Asimismo, siguiendo el enfoque sistémico, el estudio de cuencas hidrográficas tiene un importante reto, representado por la delimitación de unidades ambientales homogéneas de menor escala a las zonas funcionales, realizando una caracterización de sus componentes y funcionamiento particular, sin olvidar el lugar que

ocupan dentro del sistema (Cotler, 2007; ESA, 2013). De esa forma, el análisis paisajístico físico-geográfico permite analizar a detalle la estructura vertical y horizontal del paisaje que conforma la dinámica dentro de las zonas funcionales de la cuenca (Cotler, 2017). Esas unidades de orden natural poseen un comportamiento sistémico, integrado por componentes naturales abióticos y bióticos, formados bajo la influencia de los procesos físicos y de las actividades humanas modificadoras que se encuentran en permanente interacción (Mateo y Bollo, 1987 en Carbajal *et al.*, 2009).

Existen ejemplos que fundamentan el trabajo en cuencas a través de un enfoque sistémico que, a su vez, incluyen las características de la cuenca por medio del estudio de paisajes. Algunos ejemplos destacados se describen a continuación: Elaboración de lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico para la región de América Latina, el Caribe y México (Andrade, 2004). La propuesta para la planificación de cuencas en Colombia, indicando que para ejecutar un plan de ordenación y manejo de cuencas debe tomarse como base el enfoque fisicogeográfico-paisajístico (Londoño, 2001). Por su parte, un estudio de cuencas en Cuba fue desarrollado a partir del enfoque de manejo integral de cuencas, donde se describen las características físico-geográficas y socioeconómicas de la cuenca (González, 2008). Gaspari *et al.* (2013) plantean los elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas en Argentina, donde hace evidente aplicar un enfoque integrador y multisectorial. Asimismo, Hasdenteufel *et al.* (2008) realizan el modelo de ordenamiento ambiental de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú, perteneciente a la provincia de la Habana, Cuba, con un enfoque de gestión ambiental y manejo integrado, siguiendo una metodología geoecológica, donde se definieron las unidades de paisaje o paisajes presentes en la microcuenca de análisis. Jaque (2010) elabora el diagnóstico territorial de la cuenca del río Andalién en Chile, siguiendo el modelo geosistémico o de análisis integrado de sistemas naturales propuesto por Bertrand; Muñoz y Azócar (2014) realizan la gestión del territorio comprendido por la cuenca del Río Baker en Chile, con base en una metodología de análisis y gestión del paisaje. Franch *et al.* (2015) realizan el análisis del paisaje geosistémico de la cuenca del río Martín en Aragón, España, partiendo de la metodología de la geografía física compleja que consiste en definir los paisajes físico-geográficos que constituyen la cuenca. Finalmente, Cotler y Priego (2004)

realizan el análisis de los paisajes físico-geográficos e hidrológicos con el enfoque de manejo integrado de cuencas en la Cuenca Lerma-Chapala, se parte de la delimitación de zonas funcionales (función hidro-ecológica), para posteriormente delimitar unidades de paisaje.

Con base en lo anterior, se fundamentan los estudios de cuencas, en los cuales los paisajes físico-geográficos sirven como herramienta para lograr un análisis sintético e integral de la unidad de análisis territorial cuenca. Asimismo, se establece la relación de las zonas funcionales y sus componentes paisajísticos, descritos por su estructura vertical y el arreglo espacial, resultado de las relaciones entre éstos (estructura horizontal), permitiendo evaluar sus condiciones naturales de forma detallada, con miras a la conservación, planeación, resolución de problemáticas y optimización de su uso. De igual forma, se evidencia la necesidad del trabajo a escalas de análisis detalladas con una representación cartográfica a gran escala. El trabajar a escala local por medio de paisajes físico-geográficos facilita atender las cualidades y deficiencias socioambientales que presentan las zonas funcionales de la microcuenca, buscando su resolución y aprovechamiento por medio de acciones de manejo acordes a su realidad espacio-temporal, basadas en la comprensión de los procesos sistémicos cumplidos por los componentes de la microcuenca.

En ese sentido, la microcuenca Potrero de la Palmita, presenta problemáticas ambientales identificables en sus zonas funcionales y paisajes heterogéneos, como el cambio de uso de suelo, susceptibilidad ante peligros naturales y baja productividad, derivada del desarrollo de actividades productivas en zonas no aptas, generando problemáticas sociales como pobreza, migración y afectaciones culturales. No obstante, se detectó la ausencia de estudios actuales que doten de información sobre la situación ambiental y social de la microcuenca, con base en las características de las unidades de paisaje que forman sus zonas funcionales, debido a que los estudios más recientes se centran en temáticas de desarrollo regional (COPLADENAY, 2008), y de impacto a la población étnica por infraestructura como represas hidroeléctricas (Zepeda, 2012), por lo que representa una zona vulnerable al efecto de políticas regionales y procesos de origen natural y antrópico.

Por consiguiente, el presente trabajo tiene como objetivo la delimitación de zonas funcionales y la clasificación de unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, aportando las

bases descriptivas y de diagnóstico que contribuyan en la planificación y gestión de acciones para el uso óptimo de los recursos naturales a escala local (1: 10,000).

2. Área de estudio

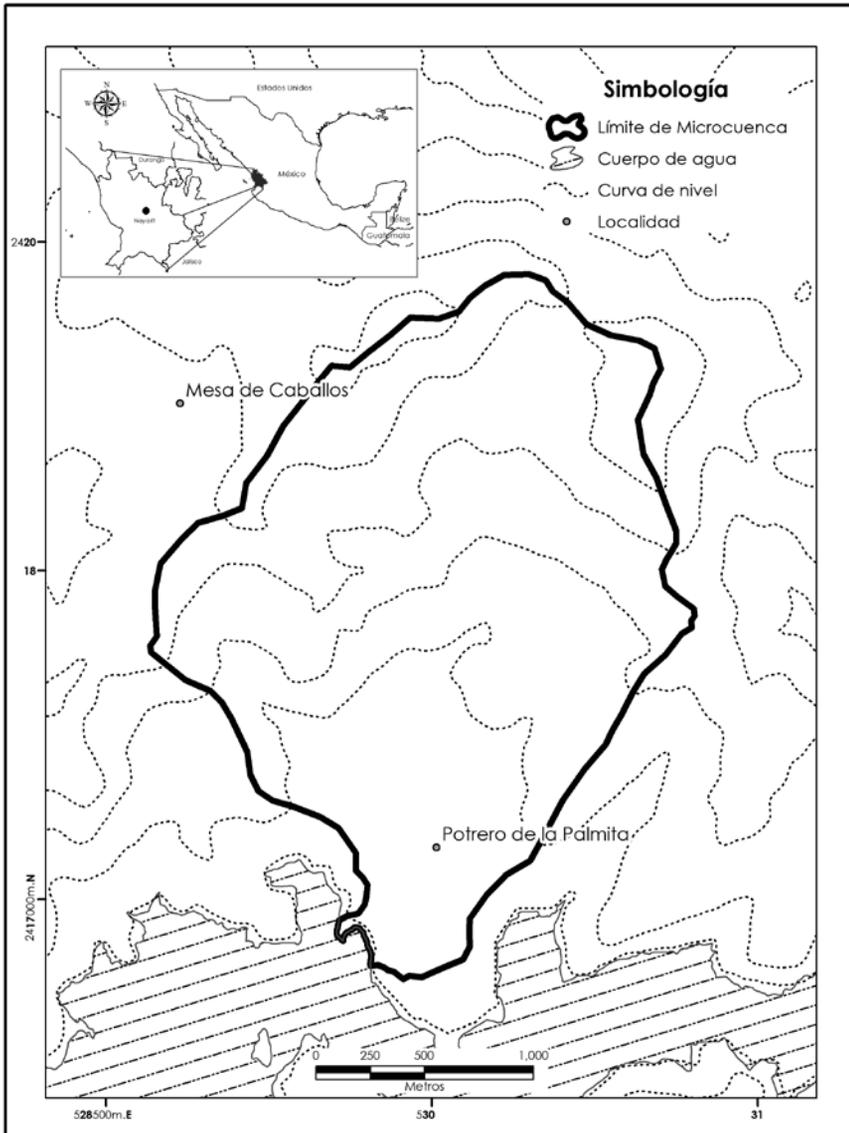
El área de estudio es la microcuenca Potrero de la Palmita, la cual se ubica al oeste de la República Mexicana y forma parte del municipio del Nayar al este del Estado de Nayarit (Figura 1). La localidad más importante es Potrero de la Palmita, comunidad huichol (grupo étnico de la región centro-oeste de México) cercana a la desembocadura de la microcuenca (en la Presa Aguamilpa), sitio donde drena sus aguas al Río Huaynamota. Las vías de comunicación están constituidas por brechas y veredas.

Sus principales características físicas están representadas por la región hidrológica y la topografía, las cuales influyen en la dinámica biofísica, social y económica, condicionando la presencia de gradientes climáticos y procesos geomorfológicos, que a la vez regulan la existencia de diferentes suelos, condiciones hídricas, vegetación y fauna. Así, la microcuenca se ubica en la Región N° 12, Lerma-Chapala-Santiago, y pertenece a la cuenca del Río Santiago-Aguamilpa y a la Subcuenca del Río Grande de Santiago, localizándose al norte de la unidad y cubriendo una superficie de 4.73 km². Topográficamente, se sitúa entre los 752 msnm y 210 msnm, siendo sus elevaciones principales el Cerro Cuate (540 msnm), ubicado al oeste de la microcuenca, y Peñasquillo (740 msnm) al norte.

Fisiográficamente, la microcuenca se localiza en la provincia Sierra Madre Occidental, que corresponde a la unidad superior del relieve, según Priego *et al.* (2010) de montañas y lomeríos. Así, se identificaron seis tipos de unidades inferiores del relieve o geoformas; complejos cumbrales, complejos de laderas y barrancos-ladera convexa, complejos de laderas y barrancos-ladera cóncava, complejos de laderas y barrancos-ladera recta, complejos de laderas y barrancos-valles y complejos de superficies y cauces.

Las geoformas anteriores presentan cinco rangos de pendientes con valores que van de <3°, clasificándose como muy ligeramente inclinados, valores de 3° a 5°, clasificados como ligeramente inclinados, valores de 5° a 10°, clasificados como medianamente inclinados, valores de 10° a 30°, clasificados como fuertemente inclinados y valores >30°, clasificados como muy fuertemente inclinados.

Figura 1. Localización de la microcuenca Potrero de la Palmita



Fuente: Elaborado con base en el INEGI (2015).

El basamento litológico de la microcuenca estuvo representado por tres tipos de rocas ígneas extrusivas con composición ácida, sea el caso de riolita, toba riolítica e ignimbrita, las cuales datan de 18.7 a 10.2 millones

de años, ubicándolas en la era del cenozoico, el periodo terciario y la época del mioceno (SGM, 2006).

En cuanto al clima, predomina un solo tipo para la microcuenca, el cual se clasifica como Aw_0 o cálido subhúmedo, al que le corresponde una temperatura media anual mayor a 22°C , presenta régimen de lluvias de verano y sequía en invierno que significa que el mes de máxima precipitación se presenta dentro del periodo de mayo a octubre, y este recibe por lo menos diez veces mayor cantidad de precipitación que el mes más seco del año, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2, precipitación del mes más seco <60 y grado de humedad (P/T) menor de 43.2 (INEGI, 2008).

La acción del clima sobre las rocas, aunado a la posición en el relieve, la acción de la biota, el tiempo y el manejo, determinan la formación de diferentes suelos, en ese sentido, se tienen tres unidades edáficas que caracterizan la microcuenca, las cuales son leptosol, regosol eútrico y feozem háplico (INEGI, 1974 y FAO, 2016).

Las características de los suelos descritos, en conjunto con las condiciones climáticas de la microcuenca, posibilitan el desarrollo de coberturas vegetales naturales como bosque de latifoliadas-encino y selva baja caducifolia. Estas suelen ser modificadas respecto al uso destinado por la población cambiando a selva baja caducifolia perturbada, pastizal inducido, agricultura de temporal y asentamientos humanos.

Los asentamientos humanos son representados por la presencia de la comunidad huichol en la microcuenca a partir de 1990, donde se conservan sus tradiciones, creencias ancestrales y lengua, cuyo crecimiento poblacional ha aumentado en las últimas décadas, por lo cual, la densidad poblacional ha ido a la alza, concentrándose en viviendas adaptadas al paisaje, cuyas actividades económicas son condicionadas por la tenencia de la tierra que los constituye como comunidad agraria, por lo que predominan las actividades primarias como la pesca, agricultura y ganadería, resaltando actividades terciarias turísticas y artesanales, todas ellas conservando una amplia relación con su cultura.

3. Métodos

3.1 Delimitación de zonas funcionales a escala local

Para la elaboración de la cartografía de zonificación de la parte alta, media y baja de la microcuenca, se retomó el método aplicado por Garrido *et al.* (2009), adaptándolo para obtener un resultado detallado a nivel microcuenca, lo cual permitió la delimitación a escala de salida 1: 10,000. El método inicio por la generación del Modelo Digital de Elevación (MDE), a partir del mapa de curvas de nivel escala 1: 50,000, proporcionado vía web por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para el cuadrante que cubre la microcuenca, a continuación, se obtuvieron los insumos cartográficos referentes a curvas de nivel a cada cinco metros, un *hillshade* y la red hidrográfica inferida obtenida a partir de las curvas generadas.

Posteriormente, se recortó el MDE para la microcuenca, realizando la curva hipsométrica con el propósito de tener una primera aproximación a los tres rangos altimétricos correspondientes a cada zona funcional (alta, media y baja). A partir de los rangos altitudinales, se enriquecieron y modificaron los límites de las zonas con base en el análisis e interpretación de las curvas de nivel, la red hidrográfica inferida, morfometría de la cuenca y el modelo de sombreado del relieve, de manera que, en función de los siguientes criterios se describen las tres zonas funcionales:

- a. Zona de captación hídrica (cabecera)/cuenca alta: área aledaña a la divisoria de aguas, incluyendo al parteaguas, laderas montañosas y las zonas de lomeríos correspondientes a las áreas transicionales entre las corrientes de 1er y 2do orden; mayor energía del relieve, pendiente y altimétricamente dentro de las más elevadas de la cuenca.
- b. Zona de captación-transporte hídrico/cuenca media: zona transicional en donde se desarrolla e integra la red hidrográfica de 2do, 3ero, y 4to orden; zonas de lomeríos, colinas y áreas inter-fluviales, también incluye los piedemontes, con pendiente del terreno y energía del relieve medias y altimétricamente posicionada entre las partes alta y bajas de las cuencas. Incluye zonas de abanicos coalescentes.
- c. Zona de emisión hídrica/cuenca baja: área receptora del sistema hidrográfico, que incluye el área del cauce principal (corriente de mayor orden) en su desembocadura al mar (el caso de una cuenca

exorreica) o a un cuerpo colector interno (perenne o intermitente) más importante (cuenca endorreica), así como las áreas de las planicies aluviales, lechos ordinarios y extraordinarios de inundación con escasa inclinación de la pendiente del terreno y mínimas alturas relativas y con escasa energía del relieve.

La morfometría de la microcuenca se obtuvo mediante ecuaciones estándar que se aplicaron con base en la delimitación de la microcuenca, así como de las corrientes intermitentes y efímeras obtenidas de las curvas de nivel a cada 5 metros (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros morfométricos

Parámetro	Indicador	Fórmula/Definición	Unidades
Forma	Área de la cuenca(Ac)	Superficie comprendida dentro del partaguas	km ²
	Perímetro de la cuenca(Pc)	Longitud de la línea del partaguas	km
	Longitud axial de la cuenca (Lc)	Distancia del punto más alejado del exutorio de la cuenca que sigue el comportamiento del río principal y toca el extremo del partaguas	km
	Ancho promedio de la cuenca (W)	$W=Ac/Lc$	km ² /km
	Coefficiente de compaciad o índice de gravelius(K)	$K=0.282*Pc/\sqrt{Ac}$	-
	Factor de forma(Rf)	$Rf=W/Lc$	-
	Relación de elongación(Re)	$Re=1.128*\sqrt{Ac}/Lc$	-
	Índice de alargamiento(Ia)	$Ia=Lm/Am$	-
	Pendiente de la cuenca(S)	$S=100 [(H*L)/Ac]$	%
	Longitud del cauce principal (Lcp)	Distancia de la proyección horizontal del cauce principal	km
Drenaje	Pendiente media del cauce principal(P)	$P= [(Hmáx*Hmín)/Lcp] *100$	%
	Densidad de drenaje(Dd)	$Dd=Lcorr/Ac$	km/km ²
	Densidad de corrientes (Dc)	$Dc=Ca/Ac$	corr/km ²
	Orden de la cuenca	según Strahler	-
	Relación de bifurcación(Rb)	$Rb=N_n/N_{n+1}$, $Rb_n=(Rb_1+Rb_2+Rb_n)/número\ de\ Rb_s$	-
	Tiempo de Concentración (tc)	$Tc= 0.06628*(Lcp^{0.77}/S^{0.385})$	hrs

*Lm: longitud máxima de la cuenca; Am: ancho máximo tomado perpendicularmente a la dirección de Lm. H: equidistancia entre curvas medias, L: longitud de las curvas de nivel. Hmáx: cota máxima sobre el río principal, Hmín: cota mínima sobre el río principal, Lcorr: longitud total de corrientes dentro de la cuenca, Ca: sumatoria del total de corrientes dentro de la cuenca, Tc: según Kirpich (1940).

Fuente: Elaborado con base en Henao (2006), Gaspari *et al.* (2010) y Gaspari *et al.* (2013), Waikar y Nilawar (2014).

Por lo tanto, los límites de las zonas funcionales fueron modificados y detallados, a partir de la interpretación visual en gabinete, sin dejar de considerar que la escala de despliegue de la información fuera congruente con la escala fuente de los mismos. A partir de la zonificación funcional se realizó trabajo de campo para corregir errores derivados de la interpretación del relieve y otros insumos utilizados en el proceso de generación, todos ellos con un análisis geomorfológico, comprobando la funcionalidad de la microcuenca.

La herramienta que se utilizó para desarrollar el método antes mencionado fue la plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG) Arc Gis (v.10.3), aplicando como las variables necesarias los archivos en formato *raster* referentes al MDE y *Hillshade*, los archivos vectoriales de curvas de nivel y red hidrográfica inferida; como insumo también fue necesaria la curva hipsométrica y morfometría de la microcuenca. Lo anterior se analizó mediante la técnica de sobreposición, análisis visual cartográfico y trabajo en campo.

3.2 Delimitación de unidades de paisaje a escala local

Delimitadas las zonas funcionales de la microcuenca, se prosiguió a identificar las unidades de paisaje que las constituyen. Para ello, se adaptó el método de generación semiautomatizada de unidades de paisaje de Priego *et al.* (2010), haciendo énfasis en la delimitación detallada de unidades de paisaje a escala local (1: 10,000). El método consistió en acotar las unidades de paisaje que conforman la microcuenca y posteriormente recortarlas para cada zona funcional, en ese sentido se definió en primer lugar la estructura horizontal de las unidades de paisaje, siguiendo los principios histórico-evolutivos y estructuro genéticos del mismo (Mateo, 2002 en Hernández *et al.*, 2006). Se identificó como primer paso la unidad superior del relieve en la que está ubicada la zona de estudio (Tabla 2), para ello se consultó la información vectorial referente a las provincias fisiográficas, elaborado por INEGI (2001), con una cobertura nacional.

Tabla 2. Unidades superiores del relieve

Montañas y Lomeríos
Rampas de piedemontes
Valles
Planicies (acolinadas, onduladas y subhorizontales)

Fuente: Elaborado con base en Priego *et al.* (2010).

Identificada la unidad superior de relieve que, para la zona de estudio corresponde a Montañas y Lomeríos, se prosiguió a delimitar las unidades inferiores del relieve o geoformas con base en los criterios para su delimitación expuestos en la tabla 3, a partir de la consulta de los criterios fue necesario interpretar el comportamiento de las curvas de nivel (a cada 5 metros), en conjunto con el *hillshade* y mapa de pendientes, permitiendo generar un *shapefile* con la delimitación inicial de las geoformas.

Tabla 3. Criterios para delimitación de unidades inferiores de relieve

Unidades superiores	Unidades inferiores	Criterios/Definición
Montañas y Lomeríos	Complejos cumbrales	Complejos de cimas y puertos, incluidos los sectores de parteaguas, que en ellos queden incluidos. Resaltan la unión de varias cimas y puertos, siguiendo la curva de nivel inferior más cercana que agrupe a todas esas geoformas. Es difícil encontrar complejos cumbrales con inclinación menor a 1°.
	Complejo de laderas y barrancos	Unidades que no están en los complejos cumbrales y que poseen más de 3° de inclinación de la pendiente. No se diferencian ni cartografían los valles de corrientes temporales, sino que van incluidos en el complejo. Se dividen al igual que el caso anterior, pero sin incluir las pendientes menores a 3°. Los complejos de laderas y barrancos incluyen las siguientes unidades morfológicas inferiores: laderas con más de 3° de inclinación; parteaguas; cornisas y barrancos existentes al interior de las laderas.
	Complejo de superficies y cauces	Son todas las unidades, al interior de la montaña o lomerío, que no están incluidas en las unidades anteriores y que, además, poseen menos de tres grados de pendiente. Generalmente, ocupan una porción pequeña de estas unidades en comparación con el área de las unidades anteriores.

Fuente: Elaborado con base en Priego *et al.* (2010).

Posteriormente, se realizó un primer análisis de las unidades inferiores resultantes, resultando algunas generales, por lo cual, se prosiguió a detallarlas, generando nuevos grupos de unidades inferiores subdividiendo las geoformas ya existentes de acuerdo a la función y estructura de las unidades por delimitar y el aporte que tendrían al análisis dentro de la microcuenca (Tabla 4). Una vez definidas las unidades inferiores de relieve, se sobrepuso la capa de pendiente, indicando las más predominantes para cada unidad y clasificándolas de acuerdo a la tabla 5.

Tabla 4. Análisis de unidades inferiores del relieve

Unidades inferiores	Detalles	Nuevas unidades inferiores
Complejos cumbrales	Permanece sin cambio considerando domos y puertos	No se generan nuevas unidades
Complejo de laderas y barrancos	Se diferencian laderas cóncavas, convexas y rectas. Además de valles.	Complejo de laderas y barrancos-ladera cóncava; Complejo de laderas y barrancos-ladera convexa; Complejo de laderas y barrancos-ladera recta; y Complejo de laderas y barrancos-valles
Complejo de superficies y cauces	Permanece sin cambio considerando escalón coluvial y planicie aluvial.	No se generan nuevas unidades

Fuente: Elaborado con base en Priego *et al.* (2010).

Tabla 5. Clasificación conforme pendiente

Clasificación	Complejos cumbrales	Complejos de laderas y barrancos	Complejos de superficies y cauces
Muy fuertemente inclinados	>30°	>30°	
Fuertemente inclinados	10°-30°	10°-30°	
Medianamente inclinados	5°-10°	5°-10°	5°-10°
Ligeramente inclinados	3°-5°	3°-5°	3°-5°
Muy ligeramente inclinados	<3°		<3°

Fuente: Elaborado con base en Priego *et al.* (2010).

Posteriormente, se integraron los demás componentes de su estructura vertical en forma de atributo sin generar nuevos polígonos, para ello, se inició por superponer las capas que constituyen los componentes más

estables a lo largo del tiempo, los cuales se representan por la geología y climas, seguidamente se sobrepusieron los componentes del paisaje que presentan una mayor dinámica en una escala histórico temporal, es así que se retoma la información edáfica, de vegetación, uso de suelo y las características socio-económicas. Consecutivamente, al tener la estructura vertical fue posible obtener la estructura horizontal, expresada espacialmente en las unidades de paisaje, a las cuales, se les aplicó el principio del área mínima cartografiable (4x4 mm) para tener una mejor representación espacial (Tabla 6).

Tabla 6. Área mínima cartografiable para escalas grandes

Escala	1 cm igual a		1mm igual a		Área mínima cartografiable (4x4mm)	
	m	Km	m	km	M ²	Km ²
1:500	5	0.005	0.5	0.0005	4	0.000004
1:1,000	10	0.01	1	0.001	16	0.000016
1:5,000	50	0.05	5	0.005	400	0.0004
1:10,000	100	0.1	10	0.01	1,600	0.0016

Fuente: Elaborado con base en Salitchev, 1979 en Priego *et al.* (2010).

Finalmente, mediante el uso de la plataforma de SIG se sobrepusieron las unidades de paisaje a las zonas funcionales, con ello se obtuvieron unidades de paisaje por cada zona funcional, a las cuales se les asignó también una clave de identificación, procurando que con ello fuera fácilmente identificable la zona y unidad que representa.

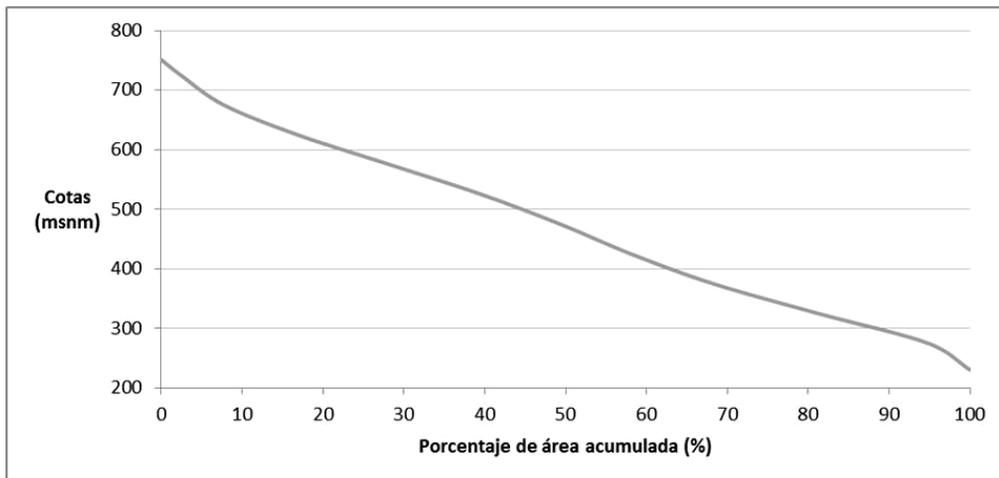
La herramienta que se utilizó para llevar a cabo los métodos fue la plataforma de Sistemas de Información Geográfica Arc Gis v.10.3, el manejador de bases de datos Excel, el kit de muestreo de suelos, instrumentos de laboratorio, GPS, pica y flexómetro, utilizando como las variables necesarias a los archivos en formato vectorial y raster referentes a cada componente, fuentes bibliográficas y registros censales y estadísticos de la población. Lo anterior se abordó por medio de las técnicas de análisis cartográfico, análisis descriptivo y análisis en campo.

4. Zonas funcionales y unidades de paisaje de la microcuenca Potrero de la Palmita

4.1 Zonas funcionales de la microcuenca Potrero de la Palmita

La curva hipsométrica permitió identificar el comportamiento del relieve y señalar una primera aproximación para definir las zonas funcionales. Los resultados mostrados en la figura 2, indican una microcuenca en su etapa de madurez, lo que significa que se encuentra en una etapa de equilibrio donde predominan los procesos de transporte de sedimentos y de agua, a la vez que no se descarta el efecto de la erosión hídrica en las zonas con mayor altitud. De igual forma, con base en el comportamiento del gradiente altitudinal y el área que acumula, se tiene una primera aproximación de la funcionalidad de la microcuenca, identificando que la zona funcional baja se localiza de los 210 a los 300 msnm, la zona media de los 300 a 480 msnm y la zona alta de los 480 a 752 msnm.

Figura 2. Curva Hipsométrica Microcuenca Potrero de la Palmita



Fuente: Elaboración propia.

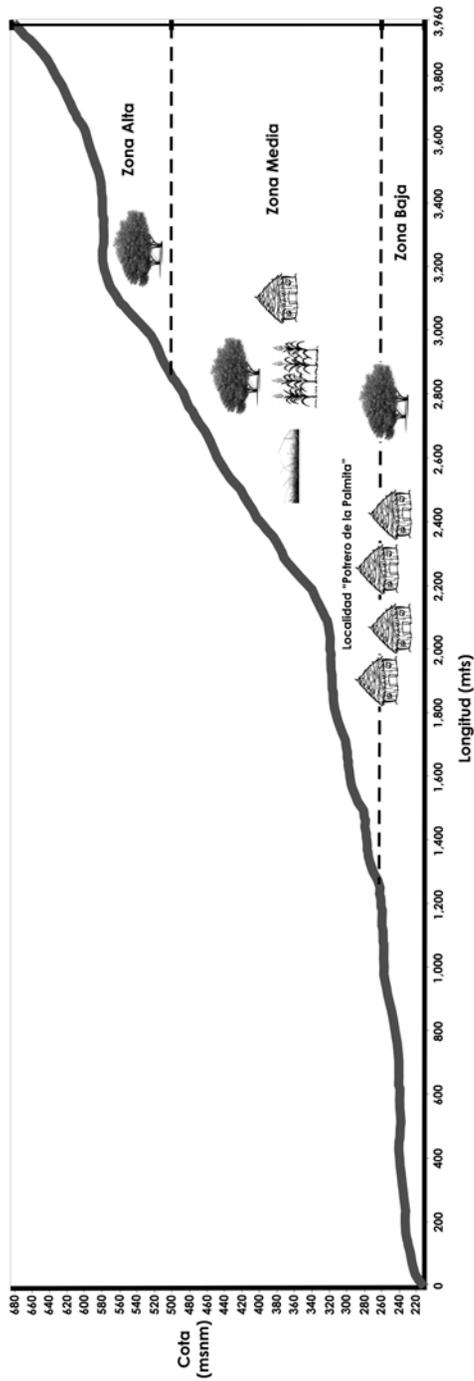
La morfometría de la microcuenca permitió inferir la posible respuesta de esta ante una precipitación mediante la interpretación de los indicadores morfométricos de forma, entre los cuales el factor de forma (0.51), el coeficiente de compacidad (1.21), la relación de elongación

(0.80) y el índice de alargamiento (1.95) indicaron que la microcuenca tiende a ser moderadamente alargada, con una forma oval oblonga a rectangular oblonga, o forma oval-alargada a alargada, presentó fuertes relieves y pendientes pronunciadas, por lo que favorece la respuesta rápida, debido al relieve accidentado que predomina en ella, siendo susceptible a crecientes súbitas con efectos en la parte baja, lo cual indica que la zona funcional alta y media tenderán a ocupar mayor superficie en comparación con la parte baja.

El relieve de la microcuenca se describió mediante la pendiente y el cauce principal, los cuales están directamente relacionadas con su evolución geológica, la capacidad de infiltración del suelo, la recarga del acuífero y el aporte a la escorrentía superficial que se desarrolla en cada zona funcional. De manera específica, la pendiente media de la microcuenca es de 29.66%, eso indica un relieve fuertemente accidentado, mientras que la pendiente del cauce principal fue de 14.33%, lo que significa también un relieve accidentado. Lo anterior, finalmente, permite identificar una cuenca donde predomina la erosión y transporte de materiales que se depositan en la parte media y baja de la misma.

A través de los indicadores morfométricos sobre el drenaje, la microcuenca se clasificó como exorréica con drenaje dendrítico, el cual es colectado por el cauce principal, clasificado como cauce mediano con una longitud de 3.96 kilómetros (Figura 3). También, la microcuenca se caracteriza por contar con una red hídrica de cuarto orden, con relación de bifurcación de 2.19 y densidad de drenaje alta de 5.51 km/km². Con lo anterior, la microcuenca presenta una estructura con un drenaje óptimo, cuyo tiempo de concentración de 0.065 horas (3.93 minutos), indica que es capaz de drenar eficientemente el agua de una precipitación extrema dentro de la misma llevándola al exutorio.

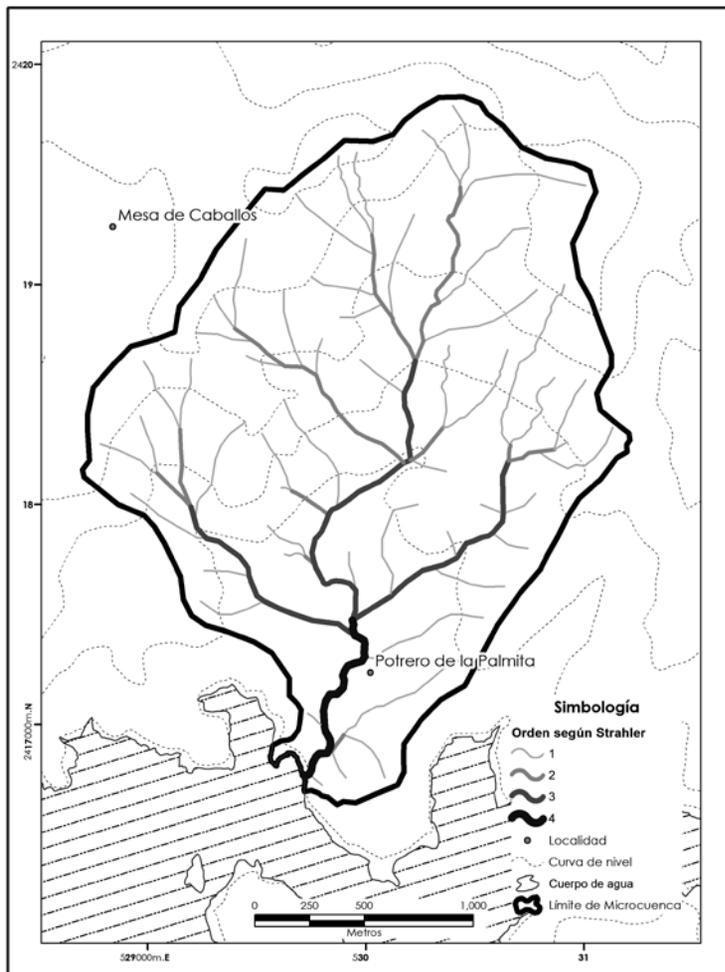
Figura 3. Perfil longitudinal del cauce principal



Fuente: Elaboración propia.

El análisis visual del perfil longitudinal del cauce principal y los órdenes de las corrientes conforme el cambio altitudinal (Figura 4) permitió detallar los límites de las zonas funcionales en la microcuenca, siguiendo principalmente los cambios abruptos en el cauce del río y la presencia de nuevos órdenes. Todo ello resultó en una re-delimitación de las zonas funcionales; zona alta a partir de los 500 msnm, la zona media de los 500 a los 260 msnm, y la zona baja por debajo de los 260 msnm.

Figura 4. Orden de cauces de la Microcuenca Potrero de la Palmita

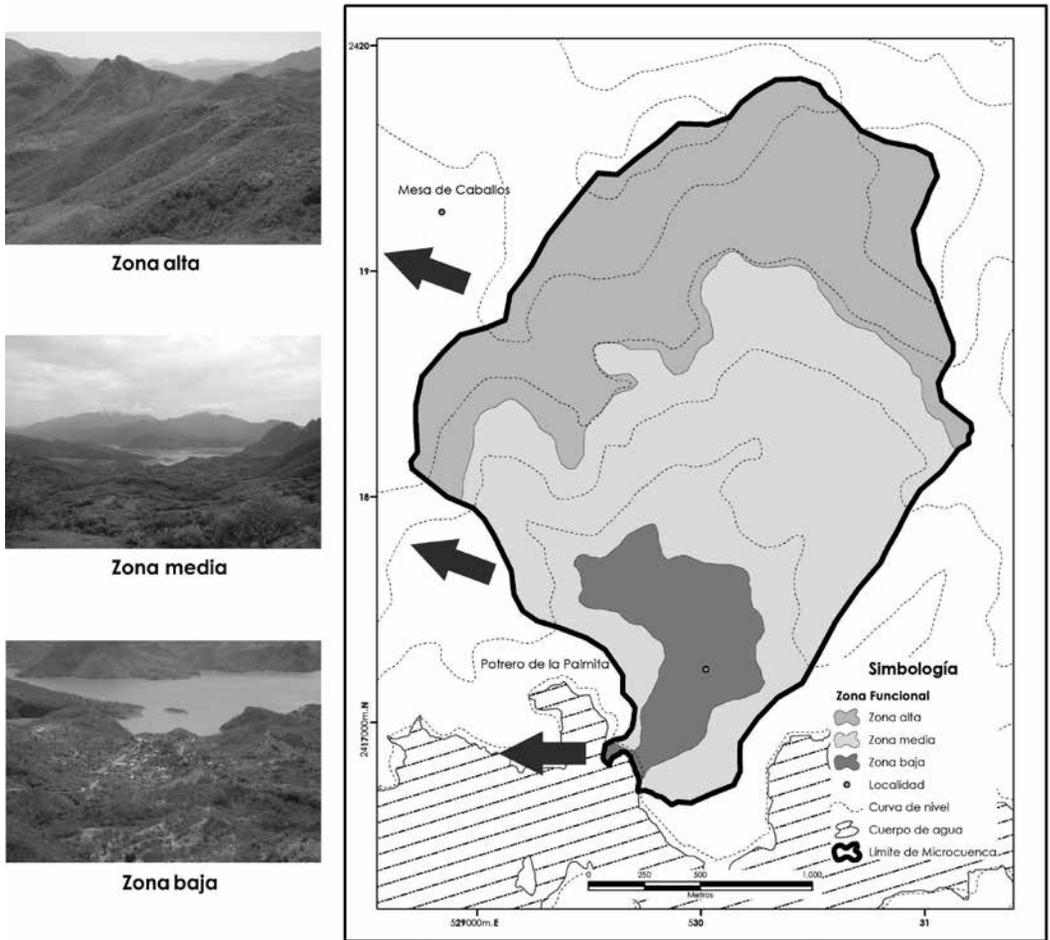


Fuente: Elaborado con base en el INEGI (2015).

Posterior a la delimitación de las zonas funcionales, derivadas del análisis hipsométrico y morfométrico de la microcuenca, se constató en campo la veracidad del producto obtenido, mediante recorridos a pie por los límites de las zonas funcionales, derivado de ello se detectó que los límites de la zona alta y media estuvieron bien definidos y que la zona baja podría delimitarse a partir de la cota 280.

Finalmente, la delimitación de las zonas funcionales permitió tener zonas bien definidas, donde se llevan a cabo procesos como la erosión, transporte, deposición, infiltración y escurrimiento. La zona alta constituyó el área de captación, donde se presentaron las corrientes de primer orden y predominaron procesos erosivos, cubre una superficie de 190.04 ha y se ubica por arriba de los 500 msnm, teniendo como máximo 752 msnm. A su vez, la zona media donde predominaron procesos de erosión y transporte, derivados de la presencia de corrientes de segundo y tercer orden, que también benefician la captación, ocupó la mayor superficie dentro de la microcuenca correspondiente a 235.98 ha, ubicándose entre los 500 y 280 msnm. Finalmente, la zona baja se caracterizó por presentar procesos de deposición de materiales y concentrar al río de mayor orden (río principal) encargado de la emisión del agua por el exutorio, se ubicó entre los 280 y 210 msnm, presentando la menor superficie dentro de la microcuenca con 47.13 has (Figura 5).

Figura 5. Zonas funcionales de la microcuenca Potrero de la Palmita



Fuente: Elaboración propia.

Lo cual, permitió concordar con la postura de García (2006) y Cotler *et al.* (2013), quienes señalan que la cuenca está representada por la heterogeneidad, complejidad, dinamismo y número de interrelaciones presentes en su territorio, el cual es delimitado por el parteaguas, pudiendo abordar su estudio a partir de la delimitación de sus zonas funcionales, lo cual lleva a realizar un análisis integral de su estructura y función.

De igual forma, los resultados anteriores se asemejan a los obtenidos por Garrido *et al.* (2009), quienes realizan la delimitación de las zonas

funcionales de las cuencas hidrográficas de México a escala 1:250,000, aportando la metodología y definición base necesarias para la delimitación de zonas funcionales, sin embargo, no fue posible concordar enteramente con su método, ya que fue planteado para una escala de análisis de menor detalle a la de la investigación, por lo cual se adaptó el método a escala local obteniendo resultados favorables para la zona de estudio.

Lo anterior, presentó la ventaja de obtener resultados que evitaran la generalización derivada del trabajo a escalas medianas y pequeñas (1: 250,000, 1: 1'000,000) como lo realizado por los autores referidos, generando información cartográfica detallada a escala 1: 10,000, generada a partir de fuentes cartográficas disponibles, considerando además las características de forma, relieve y drenaje, así como la facilidad de llevar a cabo correcciones en campo debido al trabajo a nivel microcuenca.

4.2 Unidades de paisaje en las zonas funcionales de la microcuenca Potrero de la Palmita

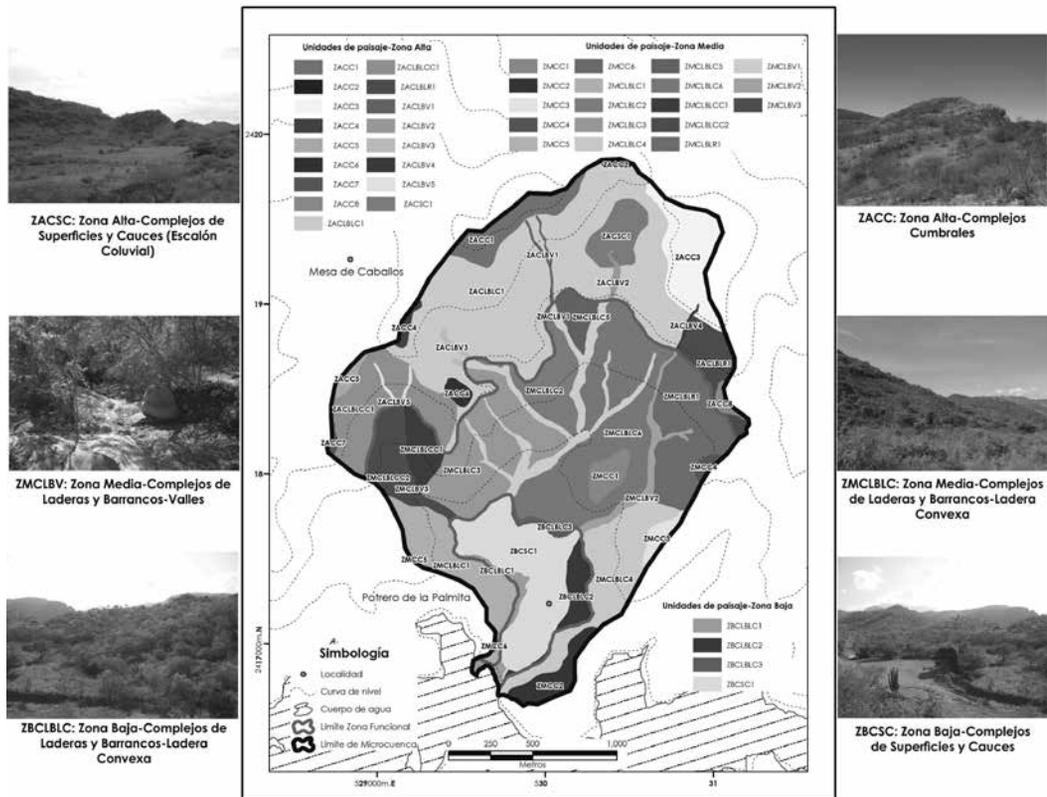
La estructura horizontal está representada por un total de 39 unidades de paisaje distribuidas en las tres zonas funcionales (alta, media y baja), de las cuales 17 conformaron la zona alta, 18 la zona media y 4 la zona baja (Tabla 7). Estas unidades de paisaje representan zonas ambientales homogéneas que permiten realizar una caracterización detallada y a menor escala de la estructura y dinámica de las zonas funcionales, por medio de la descripción de sus componentes socioambientales, en ese sentido, la zona funcional alta se caracterizó por presentar unidades de paisaje donde predominan los complejos cumbres, caracterizados por domos con pendientes muy pronunciadas; la zona media se caracterizó, principalmente, por laderas y valles con pendientes pronunciadas y medianamente pronunciadas y, finalmente, la zona baja se representó por superficies planas y laderas muy ligeramente inclinadas (Figura 6).

Tabla 7. Unidades de paisaje por zona funcional

Zona Funcional	Clave- Unidad de Paisaje	Nombre
Alta	ZACC1	Zona Alta-Complejos Cumbrales 1
	ZACC2	Zona Alta-Complejos Cumbrales 2
	ZACC3	Zona Alta-Complejos Cumbrales 3
	ZACC4	Zona Alta-Complejos Cumbrales 4
	ZACC5	Zona Alta-Complejos Cumbrales 5
	ZACC6	Zona Alta-Complejos Cumbrales 6
	ZACC7	Zona Alta-Complejos Cumbrales 7
	ZACC8	Zona Alta-Complejos Cumbrales 8
	ZACSC1	Zona Alta-Complejos de Superficies y Cauces 1
	ZACLBV1	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 1
	ZACLBV2	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 2
	ZACLBV3	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 3
	ZACLBV4	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 4
	ZACLBV5	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 5
	ZACLBLR1	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Recta 1
	ZACLBLCC1	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Cóncava 1
	ZACLBLC1	Zona Alta-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 1
Media	ZMCC1	Zona Media-Complejos Cumbrales 1
	ZMCC2	Zona Media-Complejos Cumbrales 2
	ZMCC3	Zona Media-Complejos Cumbrales 3
	ZMCC4	Zona Media-Complejos Cumbrales 4
	ZMCC5	Zona Media-Complejos Cumbrales 5
	ZMCC6	Zona Media-Complejos Cumbrales 6
	ZMCLBV1	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 1
	ZMCLBV2	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 2
	ZMCLBV3	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Valles 3
	ZMCLBLR1	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Recta 1
	ZMCLBLC1	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 1
	ZMCLBLC2	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 2
	ZMCLBLC3	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 3
	ZMCLBLC4	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 4
	ZMCLBLC5	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 5
	ZMCLBLC6	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 6
	ZMCLBLCC1	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Cóncava 1
ZMCLBLCC2	Zona Media-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Cóncava 2	
Baja	ZBCSC1	Zona Baja-Complejos de Superficies y Cauces 1
	ZBCLBLC1	Zona Baja-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 1
	ZBCLBLC2	Zona Baja-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 2
	ZBCLBLC3	Zona Baja-Complejos de Laderas y Barrancos-Ladera Convexa 3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Unidades de paisaje por zona funcional de la microcuenca Potrero de la Palmita



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Unidades de paisaje en la zona funcional alta

La zona funcional alta es la segunda en número de zonas de la microcuenca (17 unidades de paisaje), en ella predominan los complejos cumbrales y complejos de laderas y barrancos, con pendientes de 5° a >30°. Lo anterior muestra una zona donde predominan los procesos erosivos. Asimismo, su constitución litológica de riolita, toba riolítica e ignimbrita permiten procesos de infiltración y captación de agua; los suelos predominantes se caracterizan por ser poco evolucionados (leptosol y regosol), por lo que en conjunto con el clima cálido subhúmedo condicionan un hábitat propicio para el desarrollo de bosque natural de latifoliadas-encino, selva baja caducifolia y pastizal inducido.

1.- ZACC1 (Zona alta-complejos cumbrales 1). Está conformada por complejos cumbrales, cuya pendiente predominante en más del 80% oscila entre los 5° y 30°, clasificada como medianamente a fuertemente inclinada, constituidos por la asociación riolita-toba riolítica, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (53.31%) y regosol eútrico (46.69 %); con presencia de bosque natural de latifoliadas-encino (27.48%), selva baja caducifolia (62.9%) y selva baja caducifolia perturbada (9.62%), ubicándose al noroeste de la zona funcional, con una superficie de 11.41 ha.

2.- ZACC2 (Zona alta-complejos cumbrales 2). Caracterizada por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 80% de su superficie, clasificada como medianamente a fuertemente inclinada, constituidos por la asociación riolita-toba riolítica (58.1%) y toba riolítica-ignimbrita (41.9%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (63.56%) y regosol eútrico (36.44%); que dan pie al desarrollo de selva baja caducifolia (73.22%), selva baja caducifolia perturbada (0.04%) y pastizal inducido (26.74%), ubicándose al norte de la zona funcional, cubriendo un área de 0.69 ha.

3.- ZACC3 (Zona alta-complejos cumbrales 3). Representada por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 90% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación riolita-toba riolítica (76.24%) y toba riolítica-ignimbrita (23.76%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (63.57%) y regosol eútrico (36.46%); con presencia de selva baja caducifolia (9.4%), selva baja caducifolia perturbada (25.26%) y pastizal inducido (65.34%), ubicada al noreste de la zona funcional, cuya superficie es de 18.83 has.

4.- ZACC4 (Zona alta-complejos cumbrales 4). Compuesta por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 60% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación riolita-toba riolítica, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (78.31%) y regosol eútrico (21.69%); con predominio total de selva baja caducifolia perturbada, ubicada al oeste de la zona funcional, con una superficie de 1.42 has.

5.- ZACC5: (Zona alta-complejos cumbrales 5). Constituida por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 65% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados,

de basamento rocoso representado por la riolita (25.07%) y la asociación toba riolítica-ignimbrita (74.93%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (75.14%) y regosol eútrico (24.86%); con presencia de selva baja caducifolia (36.47%) y selva baja caducifolia perturbada (63.53%), ubicada al suroeste de la zona funcional, cubriendo un área de 1.84 ha.

6.- ZACC6: (Zona alta-complejos cumbrales 6). Caracterizada por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 65% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, de basamento representado por la asociación toba riolítica-ignimbrita (74.93%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo leptosol; con presencia de selva baja caducifolia (70.05%) y selva baja caducifolia perturbada (29.95%), ubicada al suroeste cuya superficie es de 1.86 ha.

7.- ZACC7: (Zona alta-complejos cumbrales 7). Representada por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 90% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, de basamento rocoso representado por la riolita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico con presencia de selva baja caducifolia (32.90%) y selva baja caducifolia perturbada (67.10%), ubicada al suroeste de la zona con una superficie de 0.65 ha.

8.- ZACC8: (Zona alta-complejos cumbrales 8). Compuesta por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 85% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, de basamento rocoso representado por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico; con presencia de selva baja caducifolia perturbada, ubicada al sureste de la zona funcional, cubriendo un área de 1.48 ha.

9.- ZACSC1: (Zona alta-complejos de superficies y cauces 1). Constituida por complejos de superficies y cauces con pendiente de <3° a 10° en más del 95% de su superficie, clasificados como muy ligeramente a medianamente inclinados, constituidos por las asociaciones riolita-toba riolítica (34.06%) y toba riolítica-ignimbrita (65.94%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico; con presencia de selva baja caducifolia (16.47%) y pastizal inducido (83.53%), ubicada al centro de la zona funcional, cuya superficie es de 9.51 ha.

10.- ZACLBV1 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-valles 1). Caracterizada por complejos de laderas y barrancos-valles con pendiente

de 10° a 45°, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, constituidos por las asociaciones riolita-toba riolítica (73.52%) y toba riolítica-ignimbrita (26.48%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos regosol eútrico (62.52%) y leptosol (37.48%); con presencia de selva baja caducifolia, ubicada al oeste de la zona funcional, con una superficie de 1.26 ha.

11.- ZACLBV2 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-valles 2). Caracterizada por complejos de laderas y barrancos-valles con pendiente predominante de 10° a 30° en más del 80% de su superficie, clasificados como fuertemente inclinados, constituidos por toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico con presencia de selva baja caducifolia (99.4%) y pastizal inducido (0.5%), ubicada al centro de la zona funcional, cubriendo un área de 1.06 ha.

12.- ZACLBV3 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-valles 3). Representada por complejos de laderas y barrancos-valles, con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 85% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por las asociaciones riolita-toba riolítica (9.7%) y toba riolítica-ignimbrita (90.3%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico, con presencia de selva baja caducifolia (84.28%) y selva baja caducifolia perturbada (15.72%), ubicada al oeste de la zona funcional, cuya superficie es de 1.31 ha.

13.- ZACLBV4 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-valles 4). Compuesta por complejos de laderas y barrancos-valles, con pendiente de 10° a 30°, clasificados como fuertemente inclinados, constituidos por las asociaciones riolita-toba riolítica (77.16%) y toba riolítica-ignimbrita (22.84%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (87.92%) y regosol eútrico (12.08%); con presencia de selva baja caducifolia (96.77%) y pastizal inducido (3.23%), ubicada al este de la zona funcional con una superficie de 0.51 ha.

14.- ZACLBV5 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-valles 5). Constituida por complejos de laderas y barrancos-valles, con pendiente de 10° a 45°, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, conformados por riolita (0.19%) y las asociaciones riolita-toba riolítica (58.08%) y toba riolítica-ignimbrita (41.72%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (25.61%) y regosol eútrico (74.39%), con presencia de selva baja caducifolia (98.64%) y selva baja caducifolia perturbada (1.36%), ubicada al suroeste de la zona funcional, cubriendo un área de 0.86 ha.

15.- ZACLBLR1 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-ladera recta 1). Caracterizada por complejos de laderas y barrancos - ladera recta con pendiente predominante de 10° a 30° en más del 95% de su superficie, clasificados como fuertemente inclinados, las asociaciones riolita-toba riolítica (45.52%) y toba riolítica-ignimbrita (54.48%), clima Aw0-cálido subhúmedo suelos leptosol (66.07%) y regosol eútrico (33.93%); con presencia de selva baja caducifolia (19.17%), selva baja caducifolia perturbada (59.65%) y pastizal inducido (21.18%), ubicada al sureste de la zona funcional, cuya superficie es de 9.97 ha.

16.- ZACLBLCC1 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-ladera cóncava 1). Representada por complejos de laderas y barrancos - ladera cóncava con pendiente predominante de 10° a 45° en más del 98% de su superficie, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, constituidos por riolita (43.36%) y las asociaciones riolita-toba riolítica (18.17%) y toba riolítica-ignimbrita (38.47%), clima Aw0-cálido subhúmedo suelos regosol eútrico (56.69%) y leptosol (43.31%); con presencia de selva baja caducifolia (85.99%), selva baja caducifolia perturbada (13.64%) y agricultura de temporal (0.37%), ubicada al suroeste de la zona funcional, con una superficie de 24.67 ha.

17.- ZACLBLC1 (Zona alta-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 1). Compuesta por complejos de laderas y barrancos - ladera convexa con pendiente predominante de 10° a 45° en más del 94% de su superficie, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, constituidos las asociaciones riolita-toba riolítica (59.71%) y toba riolítica-ignimbrita (40.29%), clima Aw0-cálido subhúmedo suelos regosol eútrico (69.53%) y leptosol (30.47%); con presencia de bosque natural de latifoliadas-encino (0.59%), selva baja caducifolia (55.35%), selva baja caducifolia perturbada (18%), pastizal inducido (25.38%) y agricultura de temporal (0.68%), ubicada al centro, oeste y este de la zona funcional, cubriendo un área de 102.62 ha.

Los argumentos señalados de la zonificación permiten identificar que las unidades de paisaje constituyen dentro de la zona alta sitios susceptibles a la erosión hídrica, especialmente, por la pendiente, constitución litológica y edáfica, y cobertura vegetal. Además, se tiene que las unidades de paisaje cuya base geomorfológica son los complejos cumbrales (ZACC1, ZACC2, ZACC3, ZACC4, ZACC5, ZACC6, ZACC7 y ZACC8) representan las

unidades de paisajes con mayor susceptibilidad ante procesos erosivos, causado por la pendiente y la precipitación que reciben, ello ocasiona la pérdida de la capa superficial de los suelos, que además, se clasifican como poco profundos, lo cual resulta nocivo para la vegetación, ya que existen condiciones extremas para su establecimiento que representan una problemática, debido a que en esas unidades de paisaje se concentra el bosque natural de latifoliadas-encino y la selva baja caducifolia.

Se presenta una unidad de paisaje cuya base geomorfológica está constituida por los complejos de superficies y cauces (escalón coluvial) (ZACSC1), la cual presenta los procesos más estables derivados de su pendiente poco inclinada y vegetación herbácea y forestal, que disminuyen la erosión hídrica laminar, beneficiando la conservación del suelo regosol que predomina en ella y repercute a los procesos de captación y formación de escurrimientos efímeros.

Las unidades de paisaje, cuya base geomorfológica son los complejos de laderas y barrancos-valles (ZACLBV1, ZACLBV2, ZACLBV3, ZACLBV4 y ZACLBV5) constituyen superficies dinámicas por las cuales se drena rápidamente la precipitación recibida por la parte alta de la cuenca, en ellos predominan procesos erosivos y de transporte, que se generan a partir de las pendientes fuertes que los caracterizan.

Finalmente, las unidades de paisaje caracterizadas por los complejos de laderas y barrancos-ladera recta, cóncava y convexa (ZACBLR1, ZACBLCC1 y ZACBLCC1) representan zonas con pendiente pronunciada que propician procesos erosivos rápidos, los cuales pueden detonarse si existe ausencia de vegetación, representan zonas importantes, ya que conservan zonas con suelos productivos y áreas con vegetación natural.

Dadas las condiciones que presentan las unidades de paisaje que conforman la zona funcional alta, se puede decir, que predominan procesos rápidos, donde la precipitación y pendiente son variables determinantes, lo cual repercute en el estado de los suelos y la vegetación, siendo una zona altamente susceptible a procesos degradativos.

4.2.2 Unidades de paisaje en la zona funcional media

La zona funcional media cuenta con 18 unidades de paisaje, eso equivale a la mayor cantidad de unidades por zona en la microcuenca. En esa zona funcional predominan los complejos de laderas y barrancos,

con pendientes medianamente pronunciadas de 3° a 30°, lo que indica que es una zona donde predominan procesos de transporte. Por su parte, la constitución litológica de riolita, toba riolítica e ignimbrita permite que se presenten procesos de formación de valles y corrientes superficiales de segundo orden, caracterizadas por escurrimientos intermitentes. El suelo predominante es el regosol, que, aunque somero cuenta con materia orgánica que beneficia en conjunto con el clima cálido subhúmedo la presencia de selva baja caducifolia, pastizal inducido y agricultura de temporal.

1.- ZMCC1 (Zona media-complejos cumbrales 1). Representada por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 75% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (0.75%), leptosol (74.78%) y regosol eútrico (24.47%); con presencia de selva baja caducifolia (30.56%), selva baja caducifolia perturbada (36.83%) y pastizal inducido (32.6%), ubicada al centro de la zona funcional, cuya superficie es de 4.92 ha.

2.- ZMCC2 (Zona media-complejos cumbrales 2). Compuesta por complejos cumbrales con pendiente predominante de <3° a 30°, clasificados como muy ligeramente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (80.03%) y regosol eútrico (19.97%); con presencia de selva baja caducifolia (11.96%), selva baja caducifolia perturbada (27.93%) y asentamientos humanos (60.12%), ubicada al sur de la zona funcional con una superficie de 7.19 ha.

3.- ZMCC3 (Zona media-complejos cumbrales 3). Constituida por complejos cumbrales con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 80% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por riolita (92.71%) y la asociación toba riolítica-ignimbrita (7.29%); clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico; con presencia de selva baja caducifolia perturbada (75.35%), agricultura de temporal (15.99%) y pastizal inducido (8.66%), ubicada al este de la zona funcional, cubriendo un área de 2.97 ha.

4.- ZMCC4 (Zona media-complejos cumbrales 4). Formada por complejos cumbrales con pendiente predominante de 3° a 10° en más del 75% de su superficie, clasificados como ligeramente a medianamente

inclinados. Están constituidos por la asociación de toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico, junto con la presencia de selva baja caducifolia perturbada, ubicada al este y cuya superficie es de 1.22 ha.

5.- ZMCC5 (Zona media-complejos cumbrales 5). Caracterizada por complejos cumbrales con pendiente predominante de $<3^\circ$ a 5° en más del 80% de su superficie, clasificados como muy ligeramente a ligeramente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico y selva baja caducifolia perturbada, ubicada al oeste con una superficie de 0.42 ha.

6.- ZMCC6 (Zona media-complejos cumbrales 6). Representada por complejos cumbrales con pendiente predominante de 3° a 10° en más del 80% de su superficie, clasificados como ligeramente a medianamente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (64.84%) y regosol eútrico (35.16%); con presencia de selva baja caducifolia (60.99%) y asentamientos humanos (39.01%), ubicada al suroeste de la zona funcional, cubriendo un área de 0.16 ha.

7.- ZMCLBV1 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-valles 1). Compuesta por complejos de laderas y barrancos-valles con pendiente predominantes de 5° a 30° en más del 80% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (29.74%), leptosol (13.4%) y regosol eútrico (56.85%); con presencia de selva baja caducifolia (77.03%), selva baja caducifolia perturbada (0.45%), pastizal inducido (0.02%) y agricultura de temporal (22.5%), ubicada al centro y norte de la zona funcional, cuya superficie es de 17.11 ha.

8.- ZMCLBV2 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-valles 2). Compuesta por complejos de laderas y barrancos-valles con pendiente predominantes de 5° a 30° en más del 75% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (50.77%) y regosol eútrico (49.23%); con presencia de selva baja caducifolia (79.65%), selva baja caducifolia perturbada (19.24%) y agricultura de temporal (1.11%), ubicada al centro y este de la zona funcional, con una superficie de 5.61 ha.

9.- ZMCLBV3 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-valles 3). Constituida por complejos de laderas y barrancos-valles con pendiente predominantes de 5° a 30° en más del 90% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (30.57%), leptosol (10.58%) y regosol eútrico (58.85%); con presencia de selva baja caducifolia (70.84%), selva baja caducifolia perturbada (16.37%) y agricultura de temporal (12.79%), ubicada al oeste y cubre un área de 3.66 ha.

10.- ZMCLBLR1 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera recta 1). Formada por complejos de laderas y barrancos-ladera recta con pendiente predominante de 10° a 30° en más del 90% de su superficie, clasificados como fuertemente inclinados, constituidos por riolita (7.79%) y la asociación toba riolítica-ignimbrita (92.21%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (5.53%) y regosol eútrico (94.47%); con presencia de selva baja caducifolia (60.77%), selva baja caducifolia perturbada (36.91%) y agricultura de temporal (2.32%), ubicada al este y cuya superficie es de 27.06 ha.

11.- ZMCLBLC1 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 1). Caracterizada por complejos de laderas y barrancos-ladera convexa con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 95% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (32.11%) y regosol eútrico (67.89%); con presencia de selva baja caducifolia (3.68%), selva baja caducifolia perturbada (84.64%), agricultura de temporal (8.07%) y asentamientos humanos (3.61%); ubicada al suroeste de la zona funcional con una superficie de 20.24 ha.

12.- ZMCLBLC2 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 2). Representada por complejos de laderas y barrancos-ladera convexa con pendiente predominante de 10° a 45° en más del 95% de su superficie, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (4.81%), leptosol (64.29%) y regosol eútrico (30.90%); con presencia de selva baja caducifolia (87.45%) y selva baja caducifolia perturbada (12.55%), ubicada al noroeste de la zona funcional, cubriendo un área de 13.36 ha.

13.- ZMCLBLC3 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 3). Compuesta por complejos de laderas y barrancos-ladera convexa con pendiente predominante de 10° a 45° en más del 90% de su superficie, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (12.18%), leptosol (61.18%) y regosol eútrico (26.64%); con presencia de selva baja caducifolia (70.46%), selva baja caducifolia perturbada (7.95%) y agricultura de temporal (21.59%), ubicada al oeste de la zona y cuya superficie es de 32.54 ha.

14.- ZMCLBLC4 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 4). Constituida por complejos de laderas y barrancos-ladera convexa con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 95% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por riolita (16.42%) y la asociación toba riolítica-ignimbrita (83.58%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (30.33%) y regosol eútrico (69.67%); con presencia de selva baja caducifolia (7.04%), selva baja caducifolia perturbada (61.64%), pastizal inducido (0.43%), agricultura de temporal (10.75%) y asentamientos humanos (20.13%); ubicada al sureste de la zona funcional con una superficie de 26.56 ha.

15.- ZMCLBLC5 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 5). Formada por complejos de laderas y barrancos-ladera convexa con pendiente de 5° a 30°, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelo regosol eútrico; con presencia de selva baja caducifolia (62.1%) y agricultura de temporal (37.9%); ubicada al norte de la zona funcional, cubriendo un área de 5.31 ha.

16.- ZMCLBLC6 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 6). Caracterizada por complejos de laderas y barrancos-ladera convexa con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 90% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (29.77%), regosol eútrico (69.10%) y leptosol (1.13%); con presencia de selva baja caducifolia (41.79%), selva baja caducifolia perturbada (19.9%), pastizal inducido (15.97%), agricultura de temporal (21.26%) y asentamientos humanos (1.09%); ubicada al centro, este y norte de la zona funcional, cuya superficie es de 50.58 ha.

17.- ZMCLBLCC1 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera cóncava 1). Representada por complejos de laderas y barrancos-ladera cóncava con pendiente de 10° a 45°, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos leptosol (44.41%) y regosol eútrico (55.59%); con presencia de selva baja caducifolia; ubicada al oeste de la zona funcional con una superficie de 7.37 ha.

18.- ZMCLBLCC2 (Zona media-complejos de laderas y barrancos-ladera cóncava 2). Compuesta por complejos de laderas y barrancos-ladera cóncava con pendiente predominante de 10° a 45° en más del 85% de su superficie, clasificados como fuertemente a muy fuertemente inclinados, constituidos por riolita (4.39%) y la asociación toba riolítica-ignimbrita (95.61%), clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (0.78%) y regosol eútrico (99.22%); con presencia de selva baja caducifolia (71.03%), selva baja caducifolia perturbada (14.62%) y agricultura de temporal (14.35%), ubicada al oeste de la zona funcional, cubriendo un área de 9.63 has.

Lo anterior, permite identificar que las unidades de paisaje cuya base geomorfológica son los complejos cumbrales (ZMCC1, ZMCC2, ZMCC3, ZMCC4, ZMCC5 y ZMCC6), constituyen unidades con pendiente que va de moderada a fuerte, lo que deriva en procesos de pérdida de suelo y en el aumento de zonas, donde la vegetación encuentra limitantes para su asentamiento y se genera una problemática, ya que suelen ser las áreas que mayor aprovechamiento agropecuario sufren dentro de la zona funcional.

Las unidades de paisaje cuya base geomorfológica son los complejos de laderas y barrancos-valles (ZMCLBV1, ZMCLBV2 y ZMCLBV3) constituyen superficies dinámicas a través de las cuales la zona media dreña el escurrimiento que llega a ellas proveniente de la zona alta, sin embargo, la pendiente va de moderada a fuerte, lo que genera procesos erosivos, de transporte y muy pocos de acumulación, visibles estos últimos en terrazas y/o en superficies más estables donde puede desarrollarse el suelo y asentarse más fácilmente la vegetación.

Las unidades de paisaje características de complejos de laderas y barrancos-ladera recta y cóncava (ZMCLBLR1, ZMCLBLCC1 y ZMCLBLCC2) siguen conservando pendientes fuertes, lo que las clasifica dentro de las zonas con potencial erosivo alto, donde debería conservarse

la vegetación y darse un uso de suelo de conservación, con el objetivo de evitar la degradación y pérdida del suelo.

Finalmente, las unidades de paisaje caracterizadas por los complejos de laderas y barrancos-ladera convexa (ZMCLBLC1, ZMCLBLC2, ZMCLBLC3, ZMCLBLC4, ZMCLBLC5 y ZMCLBLC6) representan la mayor superficie de cobertura dentro de la zona funcional, su pendiente de moderada a fuerte, indica la presencia de procesos erosivos moderados donde predomina el transporte de materiales y deposición leve, constituyéndose como zonas de importancia para la conservación de su cobertura natural.

Las condiciones que se presentan en las unidades de paisaje que conforman la zona funcional media, permiten clasificarla como una zona donde predominan procesos de transporte de materiales erosionados, provenientes de la zona alta y de su misma superficie, donde la pendiente es más estable, permitiendo el desarrollo de suelos más profundos y productivos y mayor presencia de vegetación natural, sin embargo, es una zona susceptible, ya que en ella se llevan a cabo la mayoría de las actividades agropecuarias dentro de la cuenca de forma no planificada, generando degradación en sus condiciones.

4.2.3 Unidades de paisaje en la zona funcional baja

La zona funcional baja está conformada por cuatro unidades de paisaje, en ella predominan los complejos de superficies y cauces, con pendientes muy suavizadas y estables que van de 0° a 5°, lo que indica que es una zona donde predominan los procesos de deposición o acumulación de materiales provenientes de la zona media y alta, además, de ser el sitio donde se ubica el río principal de la microcuenca, considerado de cuarto orden; su constitución litológica de toba riolítica e ignimbrita permite el desarrollo de suelos profundos y productivos como el feozem, que en conjunto con el clima cálido subhúmedo condicionan las características naturales para dar pie al desarrollo de selva baja caducifolia, pastizal inducido y agricultura de temporal, a la vez de ser el sitio donde existen las mejores condiciones para que se establezcan los asentamientos humanos.

1.- ZBCSC1 (Zona baja-complejos de superficies y cauces 1). Caracterizada por complejos de superficies y cauces con pendiente predominante de <3° a 5° en más del 75% de su superficie, clasificados como muy ligeramente a ligeramente inclinados, constituidos por la asociación toba

riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (99.27%) y regosol eútrico (0.73%); con presencia de selva baja caducifolia (3.78%), selva baja caducifolia perturbada (33.02%), agricultura de temporal (1.97%) y asentamientos humanos (61.23%), ubicada al centro, noroeste y sur de la zona funcional, cuya superficie es de 34.73 ha.

2.- ZBCLBLC1 (Zona baja-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 1). Representada por complejos de laderas y barrancos- ladera convexa con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 75% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo suelos feozem háplico (68.83%) y regosol eútrico (31.17%); con presencia de selva baja caducifolia (20.5%), selva baja caducifolia perturbada (33.57%), pastizal inducido (7.32%) y asentamientos humanos (38.61%), ubicada al oeste de la zona funcional, con una superficie de 3.79 ha.

3.- ZBCLBLC2 (Zona baja-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 2). Compuesta por complejos de laderas y barrancos- ladera convexa con pendiente predominante de 5° a 10° en más del 75% de su superficie, clasificados como medianamente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo, suelos feozem háplico (98.99%) y regosol eútrico (1.01%); con presencia de selva baja caducifolia (3.07%), selva baja caducifolia perturbada (11.23%), agricultura de temporal (4.36%) y asentamientos humanos (81.34%), ubicada al este de la zona funcional, cubriendo un área de 6.77 ha.

4.- ZBCLBLC3 (Zona baja-complejos de laderas y barrancos-ladera convexa 3). Constituida por complejos de laderas y barrancos- ladera convexa con pendiente predominante de 5° a 30° en más del 90% de su superficie, clasificados como medianamente a fuertemente inclinados, constituidos por la asociación toba riolítica-ignimbrita, clima Aw0-cálido subhúmedo suelos feozem háplico (98.04%) y regosol eútrico (1.96%); con presencia de selva baja caducifolia (48.53%), agricultura de temporal (3.44 %), pastizal inducido (0.08%) y asentamientos humanos (47.95%), ubicada al norte de la zona, y cuya superficie es de 1.83 ha.

Las unidades de paisaje analizadas anteriormente muestran que aquellas unidades, cuya base geomorfológica son los complejos de laderas y barrancos-ladera convexa (ZBCLBLC1, ZBCLBLC2 y ZBCLBLC3), representan las superficies con mayor dinamismo dentro de la zona

funcional baja, ya que en ellas aún se presentan procesos de transporte que depositan material en las partes más estables de la zona funcional.

Por otra parte, la unidad de paisaje más estable dentro de la zona baja está caracterizada por los complejos de superficies y cauces (ZB-CSC1), la cual representa la mayor superficie de cobertura dentro de la zona funcional baja, su pendiente ligera indica la presencia de procesos de deposición, lo cual repercute en la presencia de suelos evolucionados muy productivos que deben conservarse y aprovecharse de forma planificada para evitar su deterioro.

Las condiciones que se presentan en las unidades de paisaje que conforman la zona funcional baja, permiten clasificarla como una área donde predominan procesos de deposición de materiales erosionados, provenientes de la parte alta y media, derivado de su pendiente estable, permitiendo el desarrollo de suelos profundos y productivos, que favorecen el desarrollo vegetativo, sin embargo, es susceptible a degradarse, ya que en ella se presenta el crecimiento de los asentamientos humanos dentro de la cuenca.

Con base en lo anterior, se obtuvieron resultados favorables, concordando con lo expuesto por Cotler (2007), Enríquez et al. (2004) y Carbajal (2008) respecto a la importancia de la delimitación de unidades de paisaje dentro en las cuencas hidrográficas, con el objetivo de estudiar de forma detallada los componentes naturales que conforman su estructura, y que, a su vez, se interrelacionan describiendo su función dentro del sistema. Así, se contribuye a la correcta administración de los recursos naturales con que cuenta cada uno de ellos, permitiendo una planificación más acertada de las actividades a desarrollar dentro de la cuenca.

De igual forma, se comparten los resultados obtenidos por Jaque (2010), García, Mendoza y Galicia (2005), Sánchez (2011) y García (2013), quienes trabajan con el enfoque paisajista en regiones de México y en otros países, manejando escalas de análisis 1:50,000 y 1:25,000, comprobando la funcionalidad de la aplicación de la metodología en cuencas hidrográficas, sin embargo, no se concordó completamente con sus métodos, ya que, aunque trabajaron con escalas de análisis detalladas y utilizaron herramientas de SIG, al igual que en esta investigación, solo consideraron componentes paisajísticos físicos dejando de lado sus componentes socioeconómicos, considerados de importancia para el desarrollo de esta investigación, sea el caso de unidades para el aprovechamiento productivo.

Lo anterior, tuvo la ventaja de comprobar la calidad del trabajo con escalas cartográficas de detalle mayores a 1: 50,000, ya que, permiten generar información detallada de las características de un territorio, de igual forma, resalta la importancia de considerar dentro del análisis paisajístico a sus componentes socioeconómicos, los cuales ofrecen un panorama más amplio de la dinámica actual que se desarrolla en las unidades de paisaje.

5. Conclusiones

Con base en el desarrollo de la investigación, se concluye que para llevar a cabo el estudio dentro de una microcuenca es pertinente partir de la delimitación de las zonas funcionales que la caracterizan, ya que mediante su correcta diferenciación es posible explicar y evaluar la dinámica, evolución y funcionalidad, permitiendo desarrollar mediante un análisis integral la planificación de actividades de manejo de esta, con respecto a su situación actual, relacionando los procesos formadores y modeladores del relieve con los componentes hídricos y ecosistémicos que se llevan a cabo en la zona de estudio, siendo así, para el caso de la microcuenca la zona media representó el área con mayor superficie (235.98 ha), donde predominan procesos de transporte, seguida de la zona alta (190.04 ha), con dominio de procesos erosivos y, finalmente, la zona baja con la menor superficie (47.13 ha), y mayor estabilidad, prevaleciendo en ella la deposición de materiales.

De igual forma, se puede considerar a las cuencas como unidades territoriales cuyo funcionamiento y estructura es posible evaluar por medio de la delimitación de unidades espaciales de menor superficie, o unidades de paisaje físico-geográfico, posibilitando trabajar a nivel de detalle las características socio-ambientales de la unidad de análisis territorial denominada cuencas, y realizar un análisis focalizado de las problemáticas y potenciales que presentan. Al respecto, se contribuye con la identificación de 39 unidades de paisaje, donde la zona media concentra el mayor número de ellas con una cantidad de 18, seguida de la zona alta con 17 y finalmente la baja con 4 unidades.

Los resultados indican que las condiciones de las unidades de paisaje de la zona alta son las más susceptibles a desarrollar procesos de erosión y pérdida vegetativa. Por su parte, las unidades de paisaje de la zona media desarrollan procesos erosivos y de transporte, además se observaron cambios de uso de suelo donde transforman áreas naturales por agropecuarias.

Finalmente, las unidades de paisaje de la zona baja, aunque son las más estables, presentan problemáticas generadas por el crecimiento de los asentamientos humanos.

La investigación mostró la importancia de trabajar a escalas de gran detalle (1:10,000), de ahí, que se recomienda que las investigaciones futuras consideren la generación de cartografía detallada y actualizada a escala local, con el objetivo de contar con fuentes cartográficas de calidad y evitar errores en el procesamiento de información; de no contar con los recursos y tiempo dentro de las investigaciones o trabajos, para ello, se recomienda y considera primordial realizar trabajo de campo que permita detallar, corregir y ponderar las variables cartográficas con las que se interpreta y analiza el paisaje y/o la cuenca.

De igual forma, si se trabaja a escala local, se recomienda contar con datos aportados por el monitoreo en la zona de estudio, lo cual permitirá el desarrollo de métodos y la obtención de datos congruentes con la dinámica natural y social de la zona de estudio.

Finalmente, el presente trabajo representa un aporte metodológico a investigaciones que consideren como estudio de caso a las cuencas hidrográficas, estudiadas desde una perspectiva local en busca de la planeación de su territorio, por lo cual la metodología aquí expuesta puede ser replicada para el desarrollo de nuevos estudios con similar enfoque.

6. Referencias bibliográficas

- Andrade, P.A. (2004). *Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico*. (Serie manuales de educación y capacitación ambiental). D.F. México: PNUMA.
- Carbajal, M. (2008). *Circuito Turístico Chilpancingo-Azul: Evaluación de la Degradación del Paisaje*. (Tesis de Maestría en Geografía). UNAM, México. D.F. 23-31.
- Carbajal, M.J.C., Hernández, S.J.R. y Bollo, M.M. (2009). Paisajes Físico Geográficos del Circuito Turístico Chilpancingo Azul, Estado de Guerrero, México. En: *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (73), 71-85.
- COPLADENAY (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Nayarit). (2008). *Programa Estatal de Desarrollo Urbano. Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011*. Tepic. Nayarit: COPLADENAY.

- Cotler, H. (2007). *El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para Orientar la Política Ambiental*. (2da ed.). D.F. México: SEMARNAT-INE.
- Cotler, H. y Priego, A. (2004). El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma-Chapala. En: *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. (63-74) D.F. México.: SEMARNAT-INE, 63-74.
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R. y Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*, (Cuaderno de divulgación ambiental. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable). D.F. México: SEMARNAT/Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas.
- Enríquez, C., Priego, Á.G. y Morales, H. (2004). Paisajes físico-geográficos de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta Ecológica*, (71), 11-22.
- ESA (Education Services Australia) (2013). *Landscapes and landforms. GeogSpace*. Australia: Australian Teachers Association.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2016). World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. *World soil resources reports*. (106). Rome. Italy: FAO.
- Franch, P.I., Priego, S.A.G., Bollo, M.M., Cancer, P.L. y Bautista, Z.F. (2015) Aplicación de los paisajes físico-geográficos en un sector de la cordillera ibérica: la cuenca del río Martín, Aragón. En: *España. Interciencia*, 40 (6), 381-389.
- García, C.W. (2006). *El Sistema Complejo de la Cuenca Hidrográfica. Facultad de Ciencias Humanas*. Medellín. Colombia: Universidad de Colombia. Recuperado de http://telesecundaria.gob.mx/mesa_tecnica/files/Sistema-Cuenca_Hidrografica.pdf.
- García, R.A. (2013). El paisaje: una herramienta en el estudio detallado del territorio. En: *Kuxulkab' Revista de Divulgación*, VII (14), 22-33.
- García, R.A., Mendoza, R.K.I. y Galicia, S.L. (2005). Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero. México. En: *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, 56, 77-100.

- Garrido, A., Enríquez, C., Pérez, J. L., Luna, N., y Sánchez, O. (2009). *Zonas Funcionales de las Cuencas Hidrográficas de México. Escala 1:250000*. D.F. México: INECC.
- Gaspari, F.J., Senisterra, G.E., Delgado, M.I., Rodríguez, V.A.M. y Besteiro, S.I. (2010). *Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. (2da ed.) La Plata. Argentina: Universidad Nacional La Plata.
- Gaspari, F.J., Rodríguez, V.A.M., Senisterra, G.E., Delgado, M.I. y Besteiro, S.I. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de la Plata.
- Gilland, T., Fox, F., Andruczyk, M., French, S. y Swanson, L. (2009). *What is a watershed. Urban water-quality management*. Publication 426-041. Virginia, U.S.: Virginia Polytechnic Institute and State University / Virginia cooperative extensión.
- González, P.J.I. (2008). *El Manejo de cuencas en Cuba: Actualidad y retos*. D.F. México: INECC.
- Hasdenteufel, P., Rodríguez, M.J.M., Baume, O. y Torres Gomez de Cadiz.R.J. (2008). La Geoecología como herramienta para la gestión ambiental-Estudio de caso de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú. Provincia Ciudad de la Habana. Cuba. En: *Revista Universitaria de Geografía*, 17, 309-329.
- Henao, S.J.E. (2006). *Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Hernández, T.H., Priego, S.A.G., López Portillo, J.A. y Isunza, V.E. (2006). Los paisajes físico-geográficos de los manglares de la laguna de la Mancha, Veracruz, México. En: *Interciencia*, 31(3), 211-219.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1974) *Carta edafológica F13D11 "El Venado"*. Escala 1:50,000. Aguascalientes, México: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2001). *Provincias Fisiográficas. Cobertura nacional*. Escala 1:1'000,000. Datos vectoriales. Serie I, Aguascalientes, México: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2008). *Unidades climáticas. Cobertura nacional*. Escala 1:1'000,000. Datos vectoriales. Aguascalientes, México: INEGI.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2015). *Carta topográfica F13D11 "El Venado". Escala 1:50,000*. Aguascalientes, México: INEGI.
- Jaques, C.E. (2010). Diagnóstico de los paisajes mediterráneos costeros. En: *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 54, 81-97.
- Londoño, A.D. (2001). *Cuencas Hidrográficas: Bases conceptuales-caracterización-planificación-administración*. Tolima, Colombia: Universidad del Tolima.
- Muñoz, M.D. y Azócar, G. (2014) Incorporación del paisaje en la gestión del territorio de la Patagonia Chilena. En: *Urbano*, 17(30), 34-59.
- Pineda, L.R., Hernández-Guerrero, J., y Tobar, D.R. (2015) Retos para la Conservación del Patrimonio Natural desde la Gestión Integrada de Cuencas. En: *Revista Ciencia UAQ*, 8(2), 1-17.
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M. y Garrido, A. (2010). *Propuesta para la Generación Semiautomatizada de Unidades de Paisajes. Fundamentos y Métodos*. (Serie Planeación Territorial). D.F. México: SEMARNAT-INECC-CIGA.
- Sánchez, N.D. (2011). *Potencial de los paisajes naturales para actividades de turismo de naturaleza en el sector de la costa michoacana Río Coalcomán-el Farito*. (Tesis de Maestría). CIGA-UNAM, México, pp. 9-12.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano) (2006). *Carta geológico-minera. El Venado F13D11. Escala 1:50,000*. Nayarit, México: SGM.
- Waikar, M.L. y Nilawar, A.P. (2014). Morphometry analysis of a drainage basin using geographical information system: a case study. *International journal of multidisciplinary and current research*, 2, (179-184).
- Zepeda, L. R. (2012). *Impacto de las Grandes Presas en el Estado de Nayarit: Aguamilpa y las Comunidades del Potrero de la Palmita, Ahuapán y Naranjito de Copal*. (Tesis Doctoral). UNAM, México, 125-175.