

FLORA DE ANTIOQUIA

CATÁLOGO DE LAS PLANTAS

VASCULARES

VOLUMEN I
INTRODUCCIÓN



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803



Riqueza y diversidad para la equidad



GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
Departamento Administrativo
de Planeación



MISSOURI
BOTANICAL
GARDEN

RICARDO CALLEJAS POSADA & ÁLVARO IDÁRRAGA PIEDRAHÍTA
EDITORES

FLORA DE ANTIOQUIA
CATÁLOGO DE LAS PLANTAS

VASCULARES

FLORA DE ANTIOQUIA
CATÁLOGO DE LAS PLANTAS

VASCULARES

VOLUMEN I
INTRODUCCIÓN

RICARDO CALLEJAS POSADA & ÁLVARO IDÁRRAGA PIEDRAHÍTA
EDITORES



Riqueza y diversidad para la equidad





Programa Expedición Antioquia-2013
Series Biodiversidad y Recursos Naturales
Flora de Antioquia: catálogo de las plantas vasculares
ISBN: 978-958-8709-59-8 (Obra completa)
ISBN: 978-958-8709-60-4 (Volumen I-Introducción)

Directores:

Lucía Atehortúa Garcés, Universidad de Antioquia, AA. 1226, Medellín, Colombia
Olga Martha Montiel, Missouri Botanical Garden, PO. Box 299, St. Louis Missouri 63166-0299, USA.
Ricardo Callejas Posada, Universidad de Antioquia, AA. 1226, Medellín, Colombia

Editores volumen I:

Ricardo Callejas Posada, Álvaro Idárraga Piedrahíta
Universidad de Antioquia, AA. 1226, Medellín, Colombia

Editor de estilo:

Juan Fernando Molina

Diagramación:

Gloria Pérez

Impresión:

D'Vinni, Bogotá

Citación recomendada para un capítulo en el volumen I:

Callejas P., R. 2011. Generalidades del departamento de Antioquia. pp- 00-00. En: R. Callejas & A. Idárraga (eds.). *Flora de Antioquia: catálogo de las plantas vasculares. vol. I. Introducción. Programa Expedición Antioquia-2103. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden & Oficina de planeación departamental de la gobernación de Antioquia. Editorial D'Vinni, Bogotá, Colombia.*

Foto de la portada:

Thoracocarpus bissectus (Vell.) Harling (Cyclanthaceae). Foto: A. Idárraga.

El volumen I fué publicado en Agosto de 2011

Copyright ©2011. Universidad de Antioquia. A.A. 1226. Medellín, Colombia

Obra de distribución gratuita, prohibida su venta.



Contenido	Pág.
<i>Prólogo</i>	v
<i>Introducción</i>	vii
<i>Literatura citada</i>	ix
<i>Capítulo 1</i> <i>Generalidades del Departamento de Antioquia</i> <i>Por: Ricardo Callejas Posada</i>	11
<i>Capítulo 2</i> <i>Estructura, Clasificación y Evolución del Relieve</i> <i>en el Departamento de Antioquia</i> <i>Por: Luis Alberto Arias López</i>	19
<i>Capítulo 3</i> <i>Geografía de Suelos del Departamento de Antioquia</i> <i>Por: Luis Hernán González Santamaría</i>	181
<i>Capítulo 4</i> <i>Zonas de Vida del Departamento de Antioquia</i> <i>Por: Luis Sigifredo Espinal Tascón</i> <i>Anotaciones y complementos por Guillermo Vásquez Velásquez</i>	235
<i>Capítulo 5</i> <i>La Exploración Botánica en el Departamento de Antioquia (1808-2000)</i> <i>Por: Ricardo Callejas Posada</i>	291

Es un placer presentar a la comunidad científica esta nueva obra: La Flora de Antioquia: catálogo de las plantas vasculares, el primer esfuerzo en su clase de carácter regional en Colombia, uno de los países con mayor diversidad de especies en el neotrópico. El departamento de Antioquia exhibe peculiaridades geográficas (situado en el NE de Colombia y con vecindades sobre el Mar Caribe, el Istmo de Panamá y la región del Chocó y de relieve particularmente andino) que lo hacen un territorio de alto interés para entender la biogeografía y por extensión la alta diversidad de los bosques tropicales en Suramérica. Antioquia exhibe un área un poco mayor que Costa Rica y el muestreo de su flora supera las 8.300 especies (pero con un estimado de ca. 9.000), lo cual en términos de diversidad vegetal la posiciona ligeramente por encima de la flora de Panamá y un poco menor que la flora de Costa Rica. Estas tres áreas han sido foco de interés y de colaboración constante del Missouri Botanical Garden (MO) y de las comunidades científicas locales interesadas en propender por un mejor conocimiento de su flora. En el caso de Antioquia, el proyecto que se originó en 1986, recibió casi desde su inicio la cooperación y apoyo de nuestro Jardín Botánico, que se mantuvieron casi constantes hasta 1996 para luego ser renovados a partir del 2000 y hasta el presente. Las fortalezas de MO, tales como TROPICOS y nuestro herbario, y el concurso de numerosos curadores demostraron ser una herramienta crítica para poder generar el listado de la flora vascular de esta región colombiana. Nuestros pares nacionales en Antioquia y por extensión en Colombia, posibilitan hoy, una vez más, cristalizar un esfuerzo de casi 25 años desde su gestación.

En este volumen el primer capítulo provee un exhaustivo análisis florístico fundamentado no solo en el listado per se, sino además en la información presente en los capítulos del volumen I sobre el relieve y las zonas de vida, y en especial en el capítulo sobre el relieve de Antioquia, capítulo que aporta numerosos datos de área superficial que se emplean para ilustrar de forma precisa los diferentes gradientes altitudinales y de ocupación en las diferentes regiones fisiográficas que exhiben las plantas vasculares en el departamento. El segundo capítulo, provee un interesante escrito, a manera de artículo, que examina las tasas de extinción para árboles en Antioquia, y que se fundamenta casi exclusivamente en información generada por el listado de las especies en el catálogo; los autores estiman tasas de extinción dentro de 60 años (2070) de ocho especies endémicas y una desaparición de otras 152 especies nativas de más amplia distribución, si la deforestación persiste con sus tasas actuales. Estos estimados son sumamente preocupantes para los antioqueños, pero de otra manera hubiera sido improbable de conocerlos si no fuera por este inventario exhaustivo de la flora. El segundo capítulo, previo al listado de la flora, provee un exhaustivo análisis florístico fundamentado no solo en el listado per se, sino además en la información presente en los capítulos sobre el relieve y las zonas de vida, y en especial en el capítulo sobre el relieve de Antioquia, capítulo que aporta numerosos datos de área superficial que se emplean para ilustrar de forma precisa los diferentes gradientes altitudinales y de ocupación en las diferentes regiones fisiográficas que exhiben las plantas vasculares en el departamento. Antioquia, como región andina, tiene gradientes muy similares en su flora a los encontrados en otras regiones como Ecuador y Perú. Las orquídeas, con casi 1.000 especies en el área, poseen la mayor cantidad de endémicos (253) y éstos a su vez se concentran casi exclusivamente en elevaciones entre 1.000-2.000 m. En el ámbito altitudinal de la flora de Antioquia, cerca de un 35% de las especies (mayormente árboles y arbustos) se distribuyen entre 0-500 m y casi 32% (mayormente hierbas) entre 1500-2000 m, mientras que el área de páramos, con cerca de 6 km² de extensión, contiene 2.07% del total de la flora pero exhibe la más alta densidad de especies para cualquier zona de vida en Antioquia, 28.67 especies por km².

La Flora de Antioquia se enmarca en el programa Expedición Antioquia-2013, un esfuerzo regional con la participación de entes gubernamentales y de la comunidad científica que tiene como objetivo generar información sobre los recursos bióticos del departamento y la mejor manera de conservarlos.



Participaron en este proyecto casi una centena de especialistas de diferentes nacionalidades. Hoy el Catálogo se encuentra disponible en el sitio de TROPICOS, donde la comunidad científica tiene acceso a la información sobre la flora de Antioquia, que hoy por hoy sigue siendo explorada y colectada.

Ciertamente es un privilegio y orgullo poder presentar una obra que será referencia futura obligada para consolidar la conservación de los bosques tropicales.

Peter H. Raven
President Emeritus
Missouri Botanical Garden

En 1807, el gobierno de la Provincia de Antioquia, en su ánimo de conocer “el estado de las cosas”, ordenó a sus ciudadanos, a los responsables de los cultos y a los encargados de la autoridad civil y eclesiástica de todos sus territorios en 34 “localidades” (en la actualidad municipios), elaborar un informe con base en un cuestionario de ocho preguntas en el que se debería consignar toda la información que las regiones tuvieran sobre sus habitantes, rasgos geográficos, hidrografía, recursos minerales y vegetales (las útiles, las maderas, las dañinas y las aptas para la alimentación), entre otros aspectos. Era una especie de Relación geográfica, tan popular en las colonias españolas desde el siglo XVI, y, tal como lo afirma Álvarez (2008), “se trata sin duda del primer inventario sistemático que se hacía en Antioquia sobre lo que era y lo que tenía en materia de realidades geográficas, económicas y sociales y sobre la disponibilidad de recursos minerales, vegetales y animales”.

El informe, escueto en algunos de sus apartes, narrado a modo de listado y de pobre redacción, consignaba las especies reconocidas por sus autoridades políticas y militares presentes en cada territorio, apelando a nombres vulgares y, en muchos casos, reportando especies domésticas o restringiéndose a animales y plantas conocidos en las cercanías de la cabecera municipal. Fue éste el primer levantamiento de la diversidad biótica para la Antioquia, de principios del siglo XIX, territorio de la Nueva Granada en aquel entonces aún bajo el dominio español. La Relación de 1808, como hoy se le conoce, permanecería desconocida e inédita por 203 años, cuando, por puro accidente en 2006, fue descubierta en el archivo histórico de Antioquia (Víctor Álvarez, com. pers.). Antioquia tiene una rica, aunque muy a menudo ignorada, tradición en procurarse informes sobre su diversidad biótica y, en particular, de documentarla en forma de listados u otros registros, que, como en el caso de la Relación de 1808, es posible que permanezcan resguardados en anaqueles, publicados con poca divulgación o simplemente consignados en manuales de laboratorios para cursos de Taxonomía.

La Expedición Botánica en la Nueva Granada, la de Mutis, fue en su momento la empresa de investigación más costosa y extensa alguna vez financiada por la Corona Española en sus colonias; sin embargo, y a pesar del formidable muestreo, de casi 7.000 especies, ninguna colección, que sepamos, fue realizada en territorio antioqueño. El departamento dedicó gran parte de sus esfuerzos en el siglo XIX a la exploración minera y, eventualmente, a principios del siglo XX, a popularizar los cultivos de café y la apertura de nuevas tierras para el ganado de carne y de leche.

Las Ciencias Naturales en Antioquia permanecieron relativamente ignoradas y exhibieron un tímido protagonismo durante gran parte del siglo XIX; aun así, en 1890, Joaquín Antonio Uribe y Andrés Posada Arango, ambos naturalistas, botánicos y escritores, tal vez los más reconocidos en el departamento, propusieron a la Asamblea Departamental un proyecto de la flora de Antioquia, que fue aprobado y al cual se le asignaron \$ 250,00. El proyecto nunca prosperó, por razones desconocidas, pero no impidió que Joaquín Antonio Uribe eventualmente construyera una especie de listado de todas las especies útiles de la flora antioqueña, con inclusión de hongos, líquenes y briofitos; dicho compendio fue publicado de manera póstuma en 1940 por su hijo, el clérigo Lorenzo Uribe Uribe, taxónomo y connotado curador del Herbario Nacional Colombiano. La flora de Antioquia realizada por Uribe contiene notas sobre casi 3.000 especies, incluyendo nombres científicos, usos, nombres vulgares y, en algunos casos, cortas descripciones. Publicada por la Gobernación de Antioquia, la obra fue tomada como una útil referencia para nombres vulgares pero no necesariamente como un documento de alta rigidez científica, cosa que nunca fue el objetivo de su autor.

En los años 1947 y 1948, gracias al desarrollo del herbario MEDEL, en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, sede Medellín, el botánico norteamericano Walter Hodge y el antioqueño Gabriel Gutiérrez González publicaron, en la revista de la mencionada facultad, un listado de la flora



de Antioquia, con cerca de 1.100 especies, la mayor parte de las cuales se correspondían a cerca de 30.000 ejemplares de herbario depositados en el denominado MEDEL y que representaban más de 20 años de colectas en el departamento realizadas por botánicos de dicha institución. En la década de los 1964 a 1974 la Botánica en Antioquia estaba casi exclusivamente centrada en el herbario MEDEL; su director, Gabriel Gutiérrez, ya había preparado una serie de manuscritos en los que él consignaba, a modo de monografías, la flora de Antioquia. Gutiérrez, profesor de Taxonomía, procuró introducir el conocimiento de la flora de Antioquia en su manual de Taxonomía, del cual logró publicar dos tomos; utilizando el esquema de Engler, Gutiérrez presenta claves, descripciones completas y citación de ejemplares de herbario para casi 1.500 especies de la flora y cerca de 45 familias de Angiospermas. Infortunadamente, con el fallecimiento del autor de esta obra, el resto de la misma permaneció inédita y sin posibilidades de ser publicada. Casi simultáneamente con las publicaciones de Gutiérrez, el profesor Luis Sigifredo Espinal Tascón, ecólogo y profesor en la Universidad Nacional, en sus sedes de Palmira y Medellín, publicaría un interesante listado de las especies de la flora de Antioquia, que incluye citas para casi 2.300 especies.

Hoy, y como expresión del esfuerzo mancomunado de la Universidad de Antioquia y el Jardín Botánico de Missouri, se presenta el Catálogo de las plantas vasculares del Departamento de Antioquia, casi 25 años después de haberse formulado como un proyecto para el inventario de la flora de Antioquia, por la profesora Lucía Atehortúa en 1986. El presente catálogo reúne la información consignada en las diferentes obras anteriormente citadas, complementadas por cerca de 1.000 referencias bibliográficas y la revisión de aproximadamente 130.000 colecciones botánicas, que a la fecha es el más completo para un departamento en Colombia. Se consigna la presencia de 8.302 especies, de las casi 9.000 estimadas para Antioquia, con 580 especies endémicas, de las cuales 43% son especies de orquídeas. Este catálogo se publica en un momento en que el departamento presenta una de las más altas tasas de deforestación en Colombia; Yepes et al (2010) estiman que entre los años 2000 y 2007 se han deforestado en Antioquia 176.950 ha, y sólo cerca de 2.227.819 ha permanecen cubiertas por bosques sin aparentes cambios en cobertura.

Todo un contraste con la Relación de 1808, cuando Antioquia bien podría tener un 90% de sus bosques sin grado ostensible de perturbación. ¿Llegamos tarde? ¡No! somos optimistas; el listado de la flora de Antioquia provee una sólida base de datos, con una alta resolución taxonómica (obsesiva si se quiere), que es fundamento para la elaboración de planes de manejo de nuestros recursos florísticos. Gracias a este catálogo, ya presente en internet (<http://www.tropicos.project/CV>), se ha posibilitado en Antioquia una serie de proyectos para todo el territorio, un ejemplo de ello es el establecimiento de 25 parcelas permanentes de 1 ha, que habrán de ser laboratorios para el seguimiento de las respuestas de las coberturas boscosas al cambio global; no obstante, no se trata solamente de lo anterior sino que el catálogo permite construir modelos sobre tasas de extinción de la flora (ver volumen II). El catálogo de la flora de Antioquia sugiere, además, que el 80% del territorio exhibe algún tipo de muestreo (es decir, como mínimo 0.05 registros por km²) y, de este porcentaje, el 50% corresponde a un área con un muestreo significativo (es decir 0.5 o mas registros por km²), lo que no impide que la flora de Antioquia, en comparación con otras floras del neotrópico, ocupe el segundo lugar como el área política con mayor densidad de especies/km², después de Costa Rica. El listado sugiere, adicionalmente, que la riqueza florística de Antioquia se concentra especialmente en la zona andina, en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental y en la vertiente oriental de la Cordillera Central; además, se anota que los bosques premontanos y montano bajo contienen más del 90% de las especies endémicas de plantas vasculares conocidas hoy en Antioquia. Es compromiso de los editores que esta obra se distribuya en todas las escuelas y colegios de todos los municipios de Antioquia y no termine en el anonimato o se convierta exclusivamente en el divertimento académico de unos pocos especialistas.



Literatura citada

Expedición Antioquia 2013. 2008. La relación de Antioquia en 1808. Álvarez M., V.M. (ed.). Colección Expedición Antioquia 2013. Series Economía, Sociedad y Cultura. Tomo I. Impregón, S.A., Medellín.

Expedición Antioquia 2013. 2008. Informe final sobre el estado del arte de la diversidad biótica en Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín.

Yepes, A., Cabrera, E., Álvarez, E., Corrales, A., Galindo, G., García, M.C., Navarrete, D., Phillips, J., Vargas, D & A. Duque. 2010. Estimación de las reservas y pérdida de carbono por deforestación en el periodo 2000-2007 en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia. En: Proyecto Expedición Antioquia 2013: Diversidad, Dinámica y productividad de los bosques de Antioquia. Informe final. Gobernación de Antioquia, Medellín.



CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

POR: RICARDO CALLEJAS POSADA*

<i>Índice de Contenido</i>	<i>Pág.</i>
<i>1. Generalidades del departamento de Antioquia</i>	<i>11</i>
<i>Literatura citada</i>	<i>18</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>Pág.</i>
<i>Figura 1.</i> <i>Localización espacial del departamento de Antioquia en Colombia</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2.</i> <i>Mapa de Antioquia en el que se muestran sus municipalidades</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3.</i> <i>Regiones fisiográficas del departamento de Antioquia</i>	<i>16</i>

1. Generalidades del departamento de Antioquia

El departamento de Antioquia es una de 32 divisiones políticas que conforman la República de Colombia. Antioquia está situada en el noroeste del país (5°25' y 8°55' de latitud norte y los 73°53'y 77°07' de longitud al oeste de Greenwich) y limita al norte con los departamentos de Córdoba y Bolívar, al noroeste con el mar Caribe, en el denominado Golfo de Urabá, al oeste con el departamento del Chocó, al sur con los departamentos de Caldas y Risaralda y al este con los departamentos de Boyacá, Santander y Bolívar (figura 1). Antioquia incluyó en el siglo XIX territorios de los departamentos de Córdoba, Caldas y Risaralda; en el transcurso del siglo XIX, algunas eventuales reorganizaciones administrativo-políticas lo designarían como Estado en 1856 y como departamento en 1886; adquirió sus límites político-administrativos del presente sólo en 1905, cuando los municipios del denominado “departamento del Sur” pasaron a conformar el hoy departamento de Caldas, a cambio de la anexión definitiva a Antioquia de la región del Urabá y del valle del Atrato (Quintero, 2007). Algunos conquistadores españoles llegaron a lo que hoy conforma el territorio antioqueño, en 1500, año en que se fundó tal vez el primer asentamiento español en Antioquia, San Sebastián de Urabá, ya desaparecido. En 1541 el conquistador Jorge Robledo fundaría Santa Fe de Antioquia, capital de Antioquia desde 1813, año en el que se proclamó la independencia total de España; la capital se trasladó en 1826 a la ciudad de Medellín.

*Universidad de Antioquia, Instituto de Biología, Medellín, Colombia.



El departamento de Antioquia posee un área de 63.612 km² y una población aproximada de 6.000.000 de habitantes; políticamente se encuentra dividido en 125 municipios, los cuales, a su vez, están organizados en 290 corregimientos y éstos últimos en cerca de 4.508 veredas (figura 2).

La geografía de Antioquia está matizada por dos ramales de los Andes, la Cordillera Occidental y la Cordillera Central, y tres grandes cursos fluviales: el río Cauca, gran parte de cuyo recorrido transcurre en Antioquia por un estrecho cañón entre las dos cordilleras; el río Atrato, que baña las planicies selváticas del occidente del departamento, y el río Magdalena que corre adyacente a la vertiente oriental de la Cordillera Central (figura 1); en consonancia con lo anterior se distinguen en el departamento nueve grandes áreas fisiográficas: la Cordillera Occidental, los altiplanos de Santa Rosa de Osos, Rionegro y Sonsón sobre la Cordillera Central, el valle del río Porce que separa dichos altiplanos (Santa Rosa en el norte y Rionegro y Sonsón en el sur), la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, la vertiente occidental de la Cordillera Occidental, la vertiente oriental de la Cordillera Central, la vertiente occidental de la Cordillera Central, el cañón y valle del Bajo Cauca, el valle del Magdalena Medio y el valle selvático del Atrato y Urabá (figura 3).

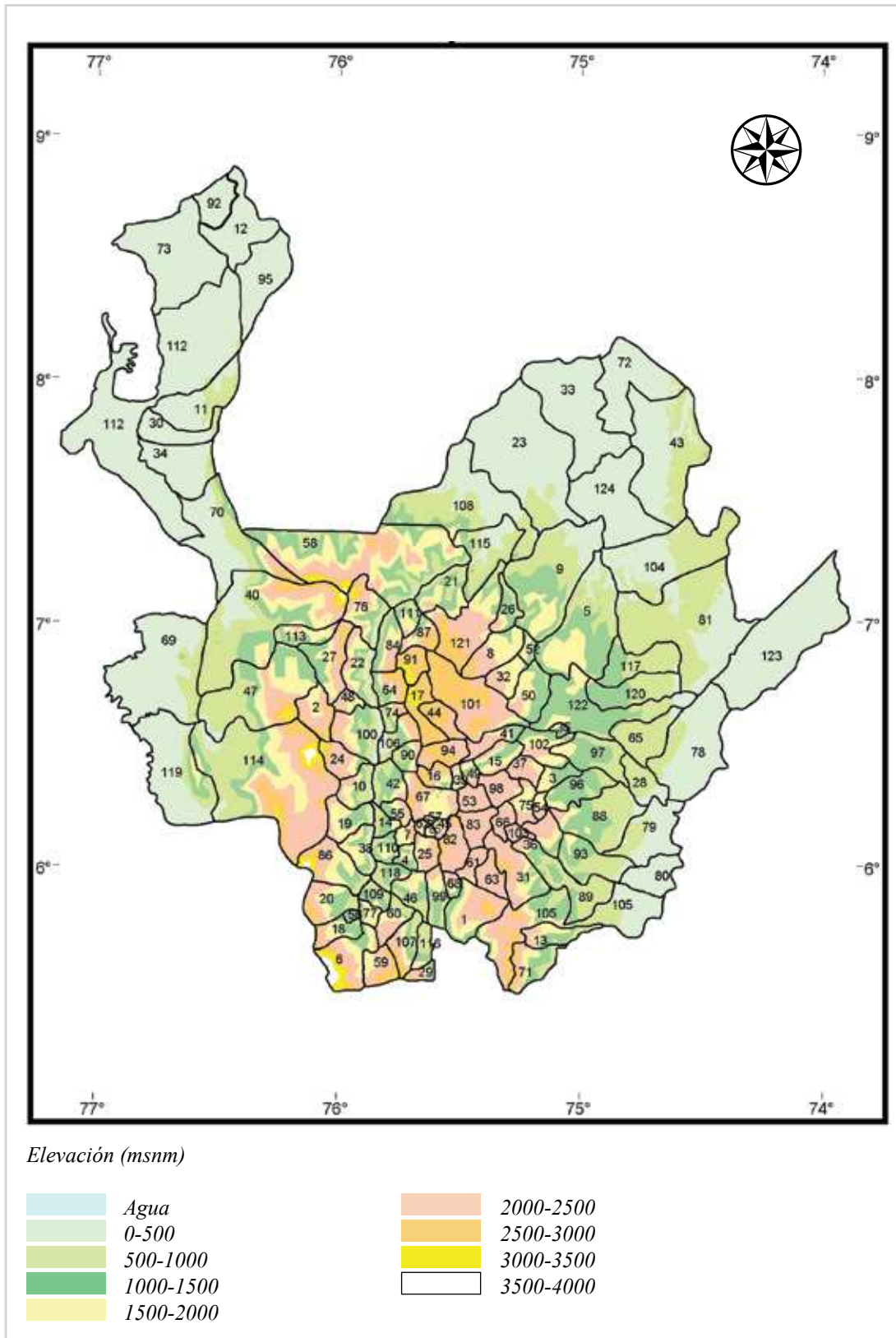
Antioquia exhibe elevaciones que van desde el nivel del mar en la región del Urabá hasta 3.969 m en los denominados Farallones del Citará al suroeste del departamento (Arias, en este volumen). El clima

Figura 1.
Localización espacial
del departamento de
Antioquia en Colombia
y mapa de Antioquia
en el que se indican sus
principales accidentes
del relieve.
(Fuente: [http://
commons.
wikimedia.org/wiki/
File:Colombia_relief_
location_map.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_relief_location_map.jpg))





Figura 2.
Mapa del departamento de Antioquia en el que se muestran sus municipalidades y ámbitos de elevación
(Adaptado de IGAC, 1973).





Listado general de los municipios de Antioquia, numerados de acuerdo con el croquis del mapa de municipalidades y elevaciones del departamento que aparece en la figura 2:

Abejorral (1)	El Bagre (43)	Sabaneta (85)
Abriaquí (2)	El Retiro (82)	Salgar (86)
Alejandro (3)	Entrerrios (44)	San Andrés (87)
Amagá (4)	Envigado (45)	San Carlos (88)
Amalfi (5)	Fredonia (46)	San Francisco (89)
Andes (6)	Frontino (47)	San Jerónimo (90)
Angelópolis (7)	Giraldo (48)	San José de la Montaña (91)
Angostura (8)	Girardota (49)	San Juan de Urabá (92)
Anorí (9)	Gómez Plata (50)	San Luis (93)
Anzá (10)	Granada (51)	San Pedro de los Milagros (94)
Apartadó (11)	Guadalupe (52)	San Pedro de Urabá (95)
Arboletes (12)	Guarne (53)	San Rafael (96)
Argelia (13)	Guatapé (54)	San Roque (97)
Armenia (14)	Heliconia (55)	San Vicente (98)
Barbosa (15)	Hispania (56)	Santa Bárbara (99)*
Bello (16)	Itagüí (57)	Santa Fe de Antioquia (100)
Belmira (17)	Ituango (58)	Santa Rosa de Osos (101)
Betania (18)	Jardín (59)	Santo Domingo (102)
Betulia (19)	Jericó (60)	El Santuario (103)
CiudadBolívar (20)	La Ceja del Tambo (61)	Segovia (104)
Briceño (21)	La Estrella (62)	Sonsón (105)
Buriticá (22)	La Unión (63)	Sopetrán (106)
Cáceres (23)	Liborina (64)	Támesis (107)
Caicedo (24)	Maceo (65)	Tarazá (108)
Caldas (25)	Marinilla (66)	Tarso (109)
Campamento (26)	Medellín (67)	Titiribí (110)
Cañasgordas (27)	Montebello (68)	Toledo (111)
Caracolí (28)	Murindó (69)	Turbo (112)
Caramanta (29)	Mutatá (70)	Uramita (113)
Carepa (30)	Nariño (71)	Urrao (114)
Carmen del Viboral (31)	Nechí (72)	Valdivia (115)
Carolina del Príncipe (32)	Necoclí (73)	Valparaíso (116)
Caucasia (33)	Olaya (74)	Vegachí (117)
Chigorodó (34)	El Peñol (75)	Venecia (118)
Cisneros (35)	Peque (76)	Vigía del Fuerte (119)
Cocorná (36)	Pueblorrico (77)	Yalí (120)
Concepción (37)	Puerto Berrío (78)	Yarumal (121)
Concordia (38)	Puerto Nare (79)	Yolombó (122)
Copacabana (39)	Puerto Triunfo (80)	Yondó (123)
Dabeiba (40)	Remedios (81)	Zaragoza (124)
Donmatías (41)	Rionegro (83)	
Ebéjico (42)	Sabanalarga (84)	

* Para el momento de la elaboración del catálogo, La Pintada era un corregimiento del municipio de Santa Bárbara y sólo en 1996 fue erigido como municipio; en consecuencia, todas las colecciones de flora realizadas en La Pintada se incluyen en el municipio de Santa Bárbara.



de Antioquia es ecuatorial, y su topografía, la disparidad pronunciada en su relieve, la diversidad de coberturas boscosas y la presencia de valles y cañones le confieren al departamento pluviosidades que van desde 1.000 mm en muchas partes de los valles de los ríos Cauca y Magdalena hasta casi 6.000 mm en el valle del río Atrato. Antioquia posee cuatro pisos climáticos relativamente bien definidos: un clima cálido, que está presente en 35.550 km²; un clima templado, en 16.340 km²; un clima frío, en 10.900 km², y un clima muy frío (paramuno), en 732 km² del territorio (IGAC, 2007).

El departamento de Antioquia posee coberturas boscosas correspondientes a 10 diferentes zonas de vida (Holdridge, 1967); el bosque húmedo tropical (bh-T), el bosque muy húmedo tropical (bmh-T), el bosque pluvial tropical (bp-T), el bosque seco tropical (bs-T), el bosque húmedo premontano (bh-PM), el bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), el bosque húmedo montano bajo (bh-MB), el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), el bosque pluvial montano bajo (bp-MB) y el bosque pluvial montano (bp-M). En este volumen, en el capítulo sobre Zonas de Vida, se describen en extenso los tipos de vegetación en el departamento.

Durante mucha parte de su historia, Antioquia revela un poblamiento y una expansión migratoria dentro del departamento que es sui géneris en Colombia y que le confieren en el país características muy peculiares al contexto cultural y étnico de los antioqueños, todo ello dado su pronunciado y quebrado relieve, la dificultad de acceso durante gran parte del siglo XIX al interior de su territorio y el aislamiento de la región de Urabá casi hasta inicios del siglo XX.

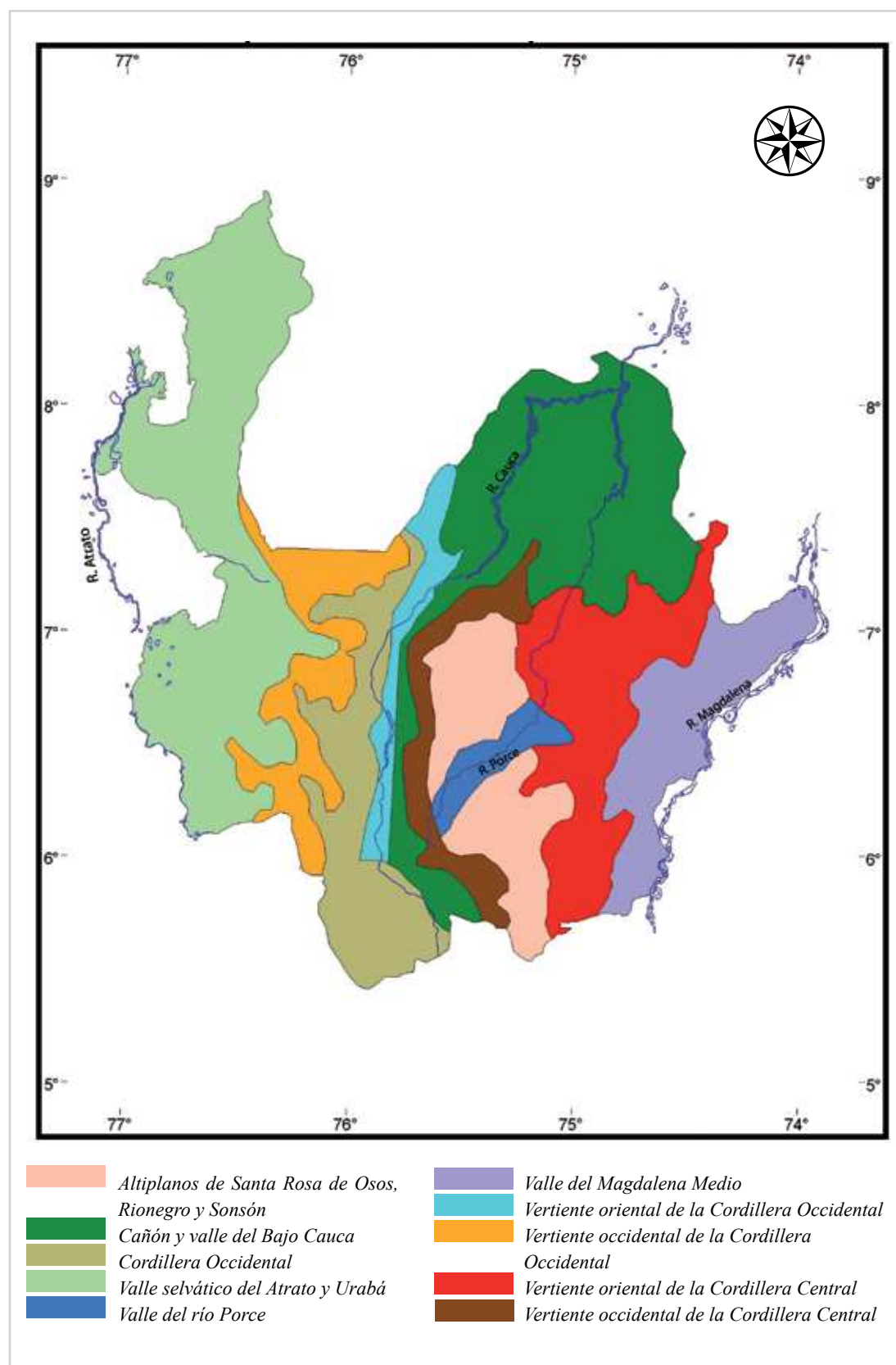
Los pobladores de Antioquia, conocidos coloquialmente en el resto del país como “paisas”, están conformados en un 89% por población mestiza, un 10% por población negra y un 1% por etnias indígenas. Las negritudes habitan con especial prelación el valle selvático del Atrato y Urabá; las etnias indígenas, por su lado, se agrupan en cerca de 40 resguardos ubicados en los municipios de Frontino, Murindó, Mutatá, Urrao, y Vigía del Fuerte. Persisten en Antioquia etnias pertenecientes a las familias Embera, Embera chamí, Embera katío, Senú y Tule. En años recientes y por efectos migratorios, la población de Antioquia se ha incrementado con grupos culturales provenientes de los departamentos del Chocó y Córdoba (IGAC, 2007).

La economía de Antioquia casi desde la colonia (siglo XVII) se desarrolló con base en la minería del oro y, en menor grado, en actividades agrícolas, las cuales sólo comenzaron a tener cierta importancia hacia finales del siglo XIX, con el establecimiento de grandes plantaciones de café. Hoy, la minería aurífera sigue siendo un renglón importante de la economía antioqueña, la cual, sin embargo, se ha diversificado notablemente. La minería tiene un frente muy activo en nordeste y el Bajo Cauca, mientras que la región de Urabá es un importante centro de cultivos de banano para exportación y de cultivos forestales; por otro lado, en el suroeste del departamento existen importantes cultivos de café y cítricos, así como una ganadería extensiva en muchas áreas del bajo Magdalena y el Bajo Cauca. Los municipios del altiplano de la Cordillera Central, en el oriente antioqueño, constituyen algo así como la despensa agrícola del departamento, un importante centro para el procesamiento de lácteos derivados de la industria lechera, y una extensa industria de flores de corte para la exportación. Antioquia es uno de los principales productores de carbón en Colombia. Se estima que las reservas aquí depositadas ascienden a 250 millones de toneladas. Dadas las bondades de la riqueza hídrica en Antioquia, el departamento es hoy el primero en la generación de energía hidroeléctrica del país; se estima que para principios de 2011 la capacidad total de generación hidroeléctrica del país es de cerca de 14 megavatios, de los cuales la tercera parte se genera en centrales de ese tipo en Antioquia.

En Antioquia, la actividad industrial, de manufactura, metalmecánica, textil y de confección, química y de tecnologías se circunscriben en gran parte a la denominada área metropolitana, una división regional conformada por 10 municipios a lo largo del valle del río Medellín, centrada en la capital del departamento y que incluye también a Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La Estrella y Sabaneta, en la que se concentra el 59% de la población departamental. Medellín tiene una amplia oferta en educación y servicios médicos especializados que trasciende los límites del departamento; es el segundo centro industrial del país y la segunda área metropolitana de Colombia en

**Figura 3.**

Regiones fisiográficas del departamento de Antioquia (Modificado de González, G.G., 1985, Antioquia y sus bosques).





población. El poblamiento de Antioquia es muy asimétrico y se encuentra relacionado en la actualidad con fenómenos de desplazamiento forzoso, conflicto armado, empobrecimiento ambiental y mejoras en la oferta de empleo, lo cual ha llevado a la concentración de la población en pocos centros urbanos que persisten simultáneamente con regiones que están prácticamente despobladas; en Medellín la densidad es de casi 6.000 habitantes por km² pero en los municipios de Vigía del Fuerte y Murindó (valle selvático del Atrato y Urabá), escasamente llega a 10 habitantes por km² (IGAC, 2007).

Antioquia posee una oferta educativa reflejada en más de 42 universidades, de las cuales nueve son oficiales. Para 2007, la tasa de cobertura en educación superior alcanzaba 25,5% de la población entre 18 y 24 años, que hoy se acerca a casi el 32%. La tasa de analfabetismo para adultos es de casi del 15%. Ingentes esfuerzos se han realizado en los últimos cinco años en la habilitación de mejores dotaciones e interconexión de todos los centros de educación, con inclusión de escuelas rurales, de tal manera que hoy Antioquia es el único departamento del país en el que todas sus escuelas están interconectadas, y se han construido numerosas instituciones escolares y bibliotecas en áreas marginadas, que ayudan al desarrollo de la región, pero que se quedan cortas para cubrir todas las necesidades.

Es indudable el progreso industrial y productivo de Antioquia y las mejoras en sistemas de educación y salud, pero dicho progreso ha tenido un alto costo ambiental. Antioquia exhibe una de las más altas tasas de deforestación en Colombia, y una sola área, la región del Bajo Cauca y el nordeste, constituyen hoy por hoy el tercer foco de deforestación más grande del país; la minería y el establecimiento de pasturas para ganado siguen siendo las mayores causas de la antropización del paisaje y el deterioro ambiental, incluso por encima del deterioro causado por los cultivos ilícitos (Álvaro Duque, com. pers.).

Aun así, la oferta ambiental en Antioquia es generosa y sus múltiples recursos naturales poseen un valor estratégico para la región. La diversidad biótica de Antioquia se estima en cerca de 350.000 especies (Expedición Antioquia-2013, 2008), pero sólo el 32% de tal diversidad se encuentra representada en los cerca de un millón de registros existentes en colecciones biológicas universitarias y privadas. Los grupos con los muestreos más representativos son las plantas y las aves; para el primero se cuenta en Antioquia con tres herbarios: HUA (Universidad de Antioquia, ca. 180.000 ejemplares), JAUM (Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe, ca. 65.000 ejemplares) y MEDEL (Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, ca. 70.000 ejemplares). La oferta ambiental y educativa se complementa con el Jardín Botánico “Joaquín Antonio Uribe”, de Medellín, el primero en su clase en el país, comprometido en programas masivos de reforestación en el área metropolitana, y recientemente dotado con un nuevo herbario, laboratorios de cultivo de tejidos y bibliotecas; el Parque Explora, un centro para la difusión de las ciencias y de carácter didáctico, y la construcción en los próximos cinco años del Museo de Historia Natural de Antioquia.

Antioquia posee tres parques naturales, que pertenecen al sistema nacional correspondiente y que incluyen el Parque Nacional “Las Orquídeas”, sobre la Cordillera Occidental, con una extensión de 32.000 ha; el Parque Nacional Natural “Paramillo”, en el extremo norte de la Cordillera Occidental, entre los departamentos de Córdoba y Antioquia y con un área de 460.000 ha, de las cuales 72.000 ha, corresponden al departamento de Antioquia, y el Parque Natural “los Katíos”, que comprende territorios tanto de los departamentos de Antioquia y del Chocó, en el occidente, en límites con el Parque Nacional “del Darién”, en Panamá; adicionalmente, y gracias a la labor de las Corporaciones Regionales Autónomas (Corantioquia, Cornare y Corpourabá, creadas en Colombia con cerca de otra treintena en el resto del territorio nacional en 1993 para atender el manejo y administración ambiental de las regiones), se han establecido en los últimos 30 años 28 áreas protegidas, que incluyen prácticamente todos los tipos de hábitats y zonas de vida, desde el nivel del mar hasta las zonas paramunas. En términos de áreas protegidas, en Antioquia éstas cubren un área que apenas alcanzan un 1,25% de su territorio.

***Literatura citada***

Expedición Antioquia-2013. 2008. Informe final sobre el estado del arte de la diversidad biótica en Antioquia. Universidad de Antioquia. Medellín.

Holdridge, L. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.

González G., G. 1985. Antioquia y sus bosques. INDERENA. Regional Antioquia. Ediciones gráficas, Medellín.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1973. Divisiones políticas y administrativas de Colombia. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Gobernación de Antioquia e Instituto para el Desarrollo de Antioquia (IDEA). 2007. Antioquia: características geográficas. Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá.

Quintero Q., D. 2007. Proceso político regional de Antioquia. Documento inédito.

CAPÍTULO 2

ESTRUCTURA, CLASIFICACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL RELIEVE EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

POR: LUIS ALBERTO ARIAS LÓPEZ*

*“Así que, de momento, para comprender hay que empezar
por decidir desde qué nivel de observación, pretendemos comprender”*

Jorge Wagensberg. “La Rebelión de las Formas”.

Índice de Contenido	Pág.
1. La naturaleza del relieve y el relieve como naturaleza	27
1.1 Introducción	27
1.2 ¿Qué es el relieve?	28
1.2.1 El relieve como sistema	28
1.2.2 El relieve como sistema complejo	29
1.2.3 El relieve como sistema dinámico	30
Los mecanismos de modelado del relieve	30
Los comportamientos del relieve	30
1.3 La organización del relieve	31
1.3.1 Organización espacial del relieve	31
1.3.2 Organización temporal del relieve	32
Los flujos	32
Las válvulas	33
Retrasos (retardos)	33
Los circuitos de retroalimentación	33
1.4 Ordenamiento de las estructuras mórficas del relieve	34
1.4.1 Las estructuras mórficas	34
1.4.2 El ordenamiento espacio-temporal	35
El relieve como testimonio ambiental	35
El relieve como acumulado histórico	36
1.4.3 El estudio morfométrico	38
2. Distribución altitudinal	39
2.1 Introducción	39
2.2 Distribución espacial de la altitud	39
Las tierras bajas	39
Asimetría geomorfológica de los cinturones cordilleranos	42
Estructura escalonada del relieve	43
Cordillera Central	44
Cordillera Occidental	44
Triángulo montañoso tropical	46
Escalonamiento del relieve a la escala de los flancos mayores de los cinturones cordilleranos	46
Cuenca del río Negro-Nare	50
Cuenca del río Murri	50

*Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Escuela de Geociencias, Facultad de Minas, Medellín, Colombia.



Índice de Contenido	Pág.
2.3 <i>Análisis</i>	53
2.3.1 <i>Distribución espacial de la altitud</i>	53
2.3.2 <i>Asimetría en la distribución espacial de la altitud y estructura escalonada del relieve</i>	55
2.3.3 <i>Relieve del Triángulo montañoso tropical (TMT)</i>	55
2.4 <i>Conclusión</i>	56
3. <i>Distribución espacial del relieve relativo</i>	57
3.1 <i>Introducción</i>	57
3.2 <i>Distribución espacial</i>	58
3.2.1 <i>Zonas planas de extensión variable</i>	60
3.2.2 <i>Relieve colinado</i>	61
3.2.3 <i>Relieve con disección profunda</i>	61
<i>Tipo 1</i>	62
<i>Tipo 2</i>	63
<i>Tipo 3</i>	64
<i>Tipo 4</i>	64
3.2.4 <i>Relieve de las serranías</i>	65
<i>Serranía de Abibe</i>	65
3.3 <i>Análisis</i>	65
3.4 <i>Síntesis</i>	69
Sector 1: <i>el sector al norte del cañón del río Medellín y al occidente del cañón del río Porce</i>	69
Sector 2: <i>limitado al norte por el cañón del río Nus y al noroeste por el cañón del río Medellín y el valle de Aburrá</i>	70
Sector 3: <i>limitado al occidente por el cañón del río Porce y al sur por el cañón del río Nus</i>	70
4. <i>Distribución de las pendientes</i>	71
4.1 <i>Introducción</i>	71
4.2 <i>Procedimiento</i>	73
4.3 <i>Distribución espacial</i>	73
4.4 <i>Análisis y Síntesis</i>	77
5. <i>Grado de disección, densidad de drenaje y cuencas</i>	78
5.1 <i>Introducción</i>	78
5.2 <i>Grado de disección</i>	80
5.2.1 <i>Procedimiento</i>	80
5.2.2 <i>Análisis</i>	80
5.2.3 <i>Síntesis</i>	84
5.3 <i>Cuencas de drenaje</i>	85
5.3.1 <i>Procedimiento</i>	85
5.3.2 <i>Análisis morfométricos de cuencas</i>	85
5.3.3 <i>Régimen de erosión-depositación</i>	90
5.3.4 <i>Orientación espacial de las cuencas</i>	91
5.3.5 <i>Pendientes promedias de las cuencas</i>	95
5.3.6 <i>Distribución de los valores de pendiente</i>	95
5.3.7 <i>Relaciones entre variables morfométricas</i>	96
5.3.8 <i>Levantamiento tectónico y distribución espacial de cuencas</i>	96
5.3.9 <i>Regularidades en la morfología de las cuencas</i>	97
6. <i>Clasificación del relieve de Antioquia</i>	98
6.1 <i>Introducción</i>	98
6.2 <i>Morfología de los cinturones cordilleranos</i>	101



Índice de Contenido	Pág.
6.2.1 Patrones para la sección transversal	101
Patrón triangular	102
Patrón trapezoidal	102
Patrón de segmento o bloque basculado	103
6.2.2 Perfil longitudinal de los cinturones cordilleranos	103
6.2.3 Factores condicionantes de los perfiles transversal y longitudinal	104
6.2.4 Importancia de la forma	104
6.3 Zonificación del relieve	104
6.3.1 Piedemontes	105
6.3.1.1 Piedemonte externo de la cordillera Occidental	108
6.3.1.2 Piedemonte externo de la cordillera Central	110
6.3.1.3 Piedemonte en el norte de Urabá	112
6.3.1.4 Piedemonte frontal andino	113
6.3.2 Cordillera Occidental	113
6.3.2.1 Segmento cordillerano superior (SCS)	115
Geología	115
Relieve	116
6.3.2.2 Segmento cordillerano inferior (SCI)	117
6.3.2.3 Triángulo montañoso tropical (TMT)	118
6.3.3 Cañón del río Cauca	119
Morfometría	119
Dimensiones de cuenca	126
La depresión del Cauca	127
6.3.3.2 Tramo Liborina-Puerto Valdivia	131
6.3.3.3 Tramo Puerto Valdivia-Nechí	133
6.3.4 Cordillera Central	133
6.3.3.1 Tramo Arquía-Liborina	130
6.3.4.1 Cara frontal de la cordillera Central	136
6.3.4.2 Segmento cordillerano septentrional basculado al sureste	138
6.3.4.2.1 Sistema escalonado de altiplanos y bloques tectónicos	139
Altiplano superior o Altiplano Páramo de Belmira-Páramo de Sonsón	140
El altiplano intermedio o altiplano de Santa Rosa-Rionegro	141
El altiplano inferior o altiplano Carolina-Gómez Plata- Embalse del Peñol	142
Escarpes erosivos regionales	143
Escarpe erosivo regional San José de la Montaña-Guatapé (escarpe superior)	143
Escarpe erosivo regional Yarumal-San Pablo-El Peñol (escarpe inferior)	144
6.3.4.2.2 Cañones lineales	144
Bloques tectónicos levantados en la parte oriental	148
Valle de Aburrá	149
6.3.4.3 Segmento cordillerano triangular simétrico	150
6.4 La morfogénesis de los períodos fríos en el sistema de altiplanos	151
7. Evolución del relieve	152
7.1 Introducción	152
7.2 Génesis y evolución de la parte norte de la cordillera Central	153
7.2.1 Fase de configuración cortical	154
7.2.2 Fase de aplanamiento regional ancestral	157
7.2.2.1 Introducción	157
7.2.2.2 Período de aplanamiento ancestral	158
Contexto para la depositación del Terciario Carbonífero de Antioquia	158
La geología del terreno San Jorge-Plato	158
El relieve de la cordillera Central en Antioquia	161



Índice de Contenido	Pág.
7.2.3 Fase de levantamiento tectónico efectivo	163
7.2.4 Fase del Cuaternario	165
7.3 Génesis y evolución de la parte norte de la cordillera Occidental	166
Geología	166
Proceso de levantamiento	168
7.4 Génesis y evolución del cañón del río Cauca	170
7.4.1 Estado 1. Aplanamiento ancestral	171
7.4.2 Estado 2. Zona de piedemonte	171
7.4.3 Estado 3. Configuración de un valle	172
7.4.4 Estado 4. Cierre y levantamiento	172
7.4.5 Estado 5. El volcanismo Combia y sus implicaciones geomorfológicas	173
7.4.6 Estado 6. Los efectos del volcanismo del eje de la cordillera Central en el valle del Cauca.	174
8. Conclusiones	175
Literatura citada	179

Índice de Figuras	Pág.
Figura 1.1. Valle glacial en el eje de la cordillera Central.	35
Figura 1.2. Relieve colinado con cimas planas.	37
Figura 2.1. Mapa indicando la distribución espacial de la altitud para el departamento de Antioquia.	40
Figura 2.2. Histograma de la distribución de la altitud para el departamento de Antioquia.	42
Figura 2.3. Histograma de la altitud para la Cordillera Central.	45
Figura 2.4. Histograma de la altitud para la cordillera Occidental al sur del lineamiento de los ríos Tonusco-Sucio.	45
Figura 2.5. Estructura escalonada del relieve en la parte baja del flanco oriental de la Cordillera Central.	47
Figura 2.6. Sistema escalonado de altiplanos separado por escarpes erosivos regionales.	47
Figura 2.7. Estructura escalonada del relieve de la Cordillera Occidental al sur de los lineamientos de los ríos Tonusco-Sucio.	48
Figura 2.8. El relieve del Triángulo Montañoso Tropical (TMT).	48
Figura 2.9. Histograma de altitud en el Triángulo Montañoso Tropical.	49
Figura 2.10. Estructura escalonada del relieve en la cuenca del río Negro-Nare.	49
Figura 2.11. Histograma de altitud en la cuenca del río Negro-Nare.	50



Índice de Figuras	Pág.
<i>Figura 2.12.</i> <i>Estructura escalonada del relieve en la cuenca del río Murri.</i>	52
<i>Figura 2.13.</i> <i>Histograma de altitud en la cuenca del río Murri.</i>	52
<i>Figura 3.1.</i> <i>Distribución espacial del relieve relativo en el departamento de Antioquia.</i>	59
<i>Figura 3.2.</i> <i>Distribución del relieve relativo del Triángulo Montañoso Tropical.</i>	63
<i>Figura 3.3.</i> <i>El relieve montañoso de la cordillera Central.</i>	67
<i>Figura 3.4.</i> <i>Distribución espacial del relieve relativo en la cordillera Central al norte del cañón lineal del río Medellín-Porce.</i>	71
<i>Figura 3.5.</i> <i>Distribución espacial del relieve relativo en la cordillera Central en la región del “Oriente Antioqueño”.</i>	72
<i>Figura 3.6.</i> <i>Distribución espacial del relieve relativo en la Cordillera Central en la región del “Nordeste Antioqueño”.</i>	72
<i>Figura 4.1.</i> <i>Distribución espacial de la pendiente promedia por km² para el departamento de Antioquia.</i>	74
<i>Figura 4.2.</i> <i>Histograma de la distribución de las pendientes promedias por km².</i>	75
<i>Figura 4.3.</i> <i>Histograma de la distribución de las pendientes promedias por km² para los valores entre (0°-38°).</i>	76
<i>Figura 4.4.</i> <i>Clasificación de la pendiente promedia por km² en seis rangos.</i>	77
<i>Figura 4.5.</i> <i>Histograma de los rangos de pendiente promedia por km² para el departamento de Antioquia.</i>	78
<i>Figura 5.1.</i> <i>Los seis tipos de rasgos morfométricos básicos a partir de una matriz de 3x3 pixeles se pueden definir seis patrones morfométricos elementales (Wood, 1996).</i>	79
<i>Figura 5.2.</i> <i>Distribución espacial de la longitud de vaguadas por km² (densidad de drenaje) en el departamento de Antioquia.</i>	82
<i>Figura 5.3.</i> <i>Histograma de los rangos de densidad de drenaje en el departamento de Antioquia</i>	82
<i>Figura 5.4.</i> <i>Distribución espacial de la densidad del drenaje en la cuenca del río Negro-Nare.</i>	83
<i>Figura 5.5.</i> <i>Distribución espacial de las cuencas de drenajes mayores del departamento de Antioquia.</i>	92
<i>Figura 5.6.</i> <i>Cuencas tributarias del río Cauca en jurisdicción del departamento de Antioquia.</i>	93
<i>Figura 5.7.</i> <i>Distribución espacial de las cuencas de drenaje de la Cordillera Central.</i>	94
<i>Figura 5.8.</i> <i>Captura de drenaje y valle truncado de la quebrada La Mosca en el Alto de la Sierra (municipio de Guarne).</i>	95
<i>Figura 5.9.</i> <i>Histograma polimodal de altitud en la cuenca de los ríos Negro-Nare.</i>	98



Índice de Figuras	Pág.
Figura 6.1. <i>Abanicos aluviales recientes y subrecientes en el piedemonte de la Serranía de Abibe.</i>	108
Figura 6.2. <i>Sistema escalonado de abanicos aluviales disectados y fallados en el piedemonte de la cordillera Occidental al valle del río Atrato.</i>	109
Figura 6.3. <i>Desplazamientos verticales y horizontales de formaciones aluviales recientes y subrecientes por una de las fallas localizadas en el piedemonte externo de la cordillera Occidental.</i>	109
Figura 6.4. <i>Sistema escalonado de abanicos aluviales en la desembocadura del río Murri al río Atrato.</i>	110
Figura 6.5. <i>Relaciones espaciales y temporales entre los abanicos aluviales y las dislocaciones tectónicas en el piedemonte externo de la cordillera Occidental.</i>	111
Figura 6.6. <i>Relieve del piedemonte de la cordillera Central al valle del río Magdalena en Antioquia.</i>	112
Figura 6.7. <i>Relieve del piedemonte de la cordillera Central al valle del río Magdalena en el departamento de Caldas.</i>	113
Figura 6.8. <i>Piedemonte en el norte de Urabá.</i>	114
Figura 6.9. <i>Piedemonte frontal andino.</i>	115
Figura 6.10. <i>El Triángulo Montañoso Tropical (TMT).</i>	120
Figura 6.11. <i>Histograma de la altitud en el cañón del río Cauca.</i>	120
Figura 6.12. <i>Distribución espacial del relieve relativo en el cañón del río Cauca.</i>	122
Figura 6.13. <i>Relieve relativo en el cañón del río Cauca en el tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia.</i>	125
Figura 6.14. <i>Relieve relativo en el cañón del río Cauca en el tramo Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia.</i>	126
Figura 6.15. <i>Relieve relativo en el cañón del río Cauca en el tramo Puerto Valdivia-Nechí.</i>	127
Figura 6.16. <i>Distribución espacial del relieve relativo del cañón del río Cauca entre Arquía y la población de Liborina.</i>	131
Figura 6.17. <i>Distribución espacial del relieve relativo en el cañón del río Cauca entre las poblaciones de Liborina y Puerto Valdivia.</i>	132
Figura 6.18. <i>Distribución espacial del relieve relativo en el valle del río Cauca entre las poblaciones de Puerto Valdivia y Nechí.</i>	134
Figura 6.19. <i>El relieve del flanco oriental de la cordillera Central.</i>	135
Figura 6.20. <i>El relieve de la cara frontal de la cordillera Central.</i>	137
Figura 6.21. <i>Contraste geomorfológico entre las caras frontales de las cordilleras Central y Occidental.</i>	138
Figura 6.22. <i>Estructura del relieve del segmento cordillerano septentrional.</i>	139



Índice de Figuras	Pág.
Figura 6.23. <i>Dislocación tectónica del altiplano inferior por el sistema de falla Palestina.</i>	140
Figura 6.24. <i>Bloques tectónicos y relieve montañoso en el sureste de Antioquia.</i>	142
Figura 6.25. <i>Estructura del relieve para el segmento cordillerano triangular simétrico.</i>	150
Figura 7.1. <i>Indicadores geomorfológicos de levantamiento tectónico cuaternario en el segmento cordillerano inferior y en el piedemonte de la cordillera Occidental.</i>	170
Figura 7.2. <i>Meseta volcano-clástica de Jericó e incisión vertical y ampliación lateral del cañón del río Cauca.</i>	176

Índice de Tablas	Pág.
Tabla 2.1. <i>Distribución areal y porcentual de rangos altitudinales en el departamento de Antioquia.</i>	41
Tabla 2.2. <i>Zonas del departamento localizadas por encima de los 3.000 msnm.</i>	43
Tabla 2.3. <i>Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cordillera Central.</i>	44
Tabla 2.4. <i>Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cordillera Occidental.</i>	46
Tabla 2.5. <i>Intervalos de altitud, áreas y porcentajes del triángulo montañoso tropical.</i>	51
Tabla 2.6. <i>Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cuenca río Negro-Nare.</i>	51
Tabla 2.7. <i>Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cuenca del río Murri.</i>	51
Tabla 2.8. <i>Ubicación altitudinal de sitios adyacentes al cauce del río Cauca.</i>	54
Tabla 3.1. <i>Valores de relieve relativo y su equivalente morfológico.</i>	59
Tabla 3.2. <i>Extensión y distribución porcentual del relieve relativo en el departamento de Antioquia.</i>	60
Tabla 4.1. <i>Distribución de las pendientes promedias por km² para Antioquia.</i>	74
Tabla 4.2. <i>Rangos de pendiente y sus características.</i>	75
Tabla 4.3. <i>Distribución areal y porcentual de las pendientes promedial por km².</i>	77
Tabla 5.1. <i>Distribución areal y porcentual de la disección del terreno en el departamento de Antioquia.</i>	80
Tabla 5.2. <i>Parámetros morfométricos de cuencas tributarias del río Cauca en el departamento de Antioquia..</i>	86



Tabla 5.3.	
<i>Parámetros morfométricos de las cuencas mayores tributarias de los ríos Atrato y Magdalena en el departamento de Antioquia.</i>	86
Tabla 6.1.	
<i>Componentes de los patrones de la sección transversal de los cinturones cordilleranos.</i>	102
Tabla 6.2.	
<i>Zonificación del relieve de Antioquia.</i>	106
Tabla 6.2.	
<i>Zonificación del relieve de Antioquia.</i>	107
Tabla 6.3.	
<i>Distribución areal y porcentual de rangos altitudinales en la cuenca del río Cauca en jurisdicción de Antioquia.</i>	121
Tabla 6.4.	
<i>Extensión y distribución porcentual del relieve relativo en la cuenca del río Cauca.</i>	122
Tabla 6.5.	
<i>Distribución del relieve relativo en tres tramos del cañón del río Cauca.</i>	124
Tabla 6.6.	
<i>Distribución de pendientes en el cañón del río Cauca.</i>	124
Tabla 6.7.	
<i>Ancho de la cuenca del río Cauca en el departamento de Antioquia.</i>	128
Tabla 6.8.	
<i>Altitudes, longitudes y gradientes del canal del río Cauca.</i>	128
Tabla 6.9.	
<i>Amplitud y altitud del fondo plano del valle del río Cauca entre Santander de Quilichao y Cartago.</i>	129
Tabla 7.1.	
<i>Litología y profundidad del basamento en el terreno San Jorge-Plato (Etayo et al, 1986).</i>	159



1. La naturaleza del relieve y el relieve como naturaleza

1.1 Introducción

27

Cuando escuchamos la palabra relieve nos viene a la mente una sucesión de términos tales como valle, colina, montaña, acantilado, planicie, etc. La apreciación más inmediata del concepto de relieve parece corresponder con un inventario de las formas de la superficie terrestre; puede compararse esta actitud inicial con aquella que considera que el estudio del bosque se pudiese reducir a identificar y clasificar las diferentes especies o individuos allí presentes. Esta primera apreciación del concepto de relieve se asocia con un conjunto numeroso y heterogéneo de geoformas que despliega la superficie terrestre subaérea.

La radio, la televisión y los periódicos informan con cierta irregularidad temporal de los costos sociales y económicos generados por: inundaciones y crecientes torrenciales de los ríos, por rupturas de vertientes que generan deslizamientos, destruyen las viviendas y sepultan a sus moradores. Nos enteramos igualmente que la emisión de cenizas de un volcán nevado en las cimas de los Andes colombianos se relaciona causalmente con las crecientes torrenciales de los ríos y con una cadena de eventos de triste recordación para la sociedad colombiana. Los registros noticiosos y una sucesión de tragedias con un costo social elevado nos recuerdan con cierta frecuencia que el relieve es un fenómeno o entidad dinámica.

A veces tendemos a creer que se trata solo de noticias que provienen del campo, de los espacios rurales, con la ingenuidad de suponer que en los espacios urbanos estamos ajenos a tales fenómenos. La ilusión se esfuma cuando nos enteramos del fenómeno recurrente, en Medellín, Manizales, Bogotá y en la mayoría de las ciudades, de la destrucción de viviendas y la muerte de sus moradores por deslizamientos, crecientes torrenciales e inundaciones que se presentan en los meses de invierno. La sucesión de tragedias y de las malas noticias que acompañan a estos sucesos enseñan a los habitantes de las ciudades que en ella también se expresa el carácter dinámico del paisaje.

El registro informativo de eventos y fenómenos que ocurren en una temporalidad corta (segundos, minutos, horas, días o años) y en sitios de extensión restringida (unos pocos metros, unas hectáreas o una vereda) termina consolidando en nosotros un imaginario particular y restringido acerca de la dinámica del relieve; la consideramos como una sucesión irregular de eventos básicos específicos. Se trata de un imaginario y de una herramienta conceptual útil para analizar e intentar resolver problemas puntuales muy específicos: ¿Hasta dónde sube el nivel de las aguas de un río durante una creciente?, ¿Es estable el sitio donde construiré la vivienda?

La restricción espacio-temporal de este imaginario no deja opción para pensar la dinámica del relieve en contextos más amplios tales como el de una cadena montañosa, el de un país o el de un continente, e igualmente a pensar dicha dinámica en las temporalidades de los diez miles, cien miles y millones de años. En estos contextos escalares surgen muchos interrogantes pertinentes, a saber: ¿Cómo se forma y evoluciona una cadena montañosa?, ¿Cómo han sido y como continúan siendo modelados los valles?

En este nuevo contexto escalar, los conceptos de comportamiento y régimen son más útiles para comprender la dinámica del relieve, lo cual no significa desconocer la importancia y vigencia del concepto de eventos, especialmente los de gran magnitud y de muy baja frecuencia que dejan su huella y sus efectos en el relieve durante unas temporalidades y espacialidades mucho mayores, respecto de donde se produjeron. Las crecientes torrenciales mayores de los ríos ocurren en el intervalo de minutos y horas pero sus efectos mórficos y dinámicos en los lechos y llanuras aluviales de los ríos perduran durante varios miles de años.

La idea de comportamiento alberga una mayor riqueza conceptual que el concepto de funcionamiento. Cuando se habla del funcionamiento de una vertiente, de un río o de una cuenca de drenaje se presupone que si se conoce un cuadro de causas o unas condiciones iniciales, se pueden prever cuáles serán los efectos. La referencia a sistemas mecánicos es muy evidente; si el carro tiene gasolina y está bien en su parte mecánica y eléctrica, puedo estar seguro que si giro la llave del encendido el motor empezará a funcionar. En el caso de la vertiente, el río o la cuenca, la ocurrencia de un evento lluvioso de una intensidad y magnitud conocida no garantiza que se conocerá con certeza la respuesta de estas unidades, más aún la única certeza que tenemos es la de múltiples opciones de respuesta, incluida la ausencia de respuesta o la respuesta insignificante.

La descripción de la dinámica del relieve como comportamiento aplica a un espectro de fenómenos diversos, inscritos en un marco espacio-temporal muy amplio, desde la erosión que se produce por el impacto de las gotas de lluvia en una parcela de cultivo hasta los mecanismos de modelado del relieve de los cinturones cordilleranos.

Una cualidad notoria y evidente del relieve de la superficie terrestre subaérea es su diversidad.

Una riqueza de geoformas y de comportamientos de modelado que permiten afirmar en un sentido práctico la imposibilidad de tener dos relieves idénticos (encajables espacialmente) con una extensión de unas pocas hectáreas.

Para muchos investigadores, la diversidad de un sistema es una manifestación de complejidad; los sistemas complejos presentan una gran diversidad es su decir. En el estudio del relieve es pertinente indagar por las causas de dicha diversidad.

La diversidad de formas y comportamientos del relieve es la resultante de numerosos factores y todos ellos tienen que ver con el hecho de que un sistema-relieve despliega numerosos ordenamientos y respuestas dinámicas morfogenéticas, que tiene la capacidad para preservar como estructuras mórficas (geoformas) el testimonio de condiciones dinámicas pasadas y finalmente que la mayoría de los relieves son acumulados históricos, es decir, verdaderos palimpsestos geomórficos.

1.2 ¿Qué es el relieve?

El relieve de una porción o de la totalidad de la superficie terrestre se puede concebir como un sistema geomórfico complejo, cuyos pilares fundamentales son sus comportamientos, sus estructuras mórficas y su historia.

1.2.1 El relieve como sistema

El concepto de sistema referencia un conjunto de elementos que interactúan y se interrelacionan para formar una totalidad integrada; los agregados por el contrario comparten un mismo espacio y una misma temporalidad pero no interaccionan ni establecen interrelaciones. Un ejemplo de agregado que viene al caso corresponde a los diferentes minerales que constituyen una roca; están allí presentes en contacto íntimo pero no existe ninguna interacción o interrelación entre ellos. Si tomamos como ejemplo de un sistema-relieve a la cuenca de drenaje es evidente que en ella existe un conjunto numeroso de interacciones e interrelaciones. Por ejemplo, una tormenta en la cuenca generará, después de un intervalo temporal, un incremento sustancial del caudal en la corriente principal; las características de tiempo y magnitud de este proceso de aumento de caudal ponen en evidencia una red compleja de interrelaciones en la cuenca. Los incrementos muy rápidos del caudal pueden estar relacionados con un predominio de materiales impermeables en el sustrato, con vertientes muy cortas y muy inclinadas, con redes de drenaje muy densas y de gradiente pronunciada, con tipos de coberturas vegetales que no representan un obstáculo mayor al flujo de las aguas de escorrentía, con el estado de humedad de



los materiales cercanos a la superficie, etc. Este ejemplo particular pone de manifiesto la diversidad de influencias que confluyen en la génesis de un fenómeno específico, el retardo temporal entre el momento de máxima intensidad de lluvia en una cuenca y el momento del caudal pico o creciente en el lecho fluvial.

Interacciones e interrelaciones más específicas de los relieves son igualmente numerosas; cuando se realizan excursiones por el territorio de Antioquia y de Colombia se observa que los relieves cambian cuando se pasa de unas unidades litológicas a otras, igualmente se presentan cambios de relieve pronunciados al interior de una misma unidad litológica y para alimentar aún más la desazón se pueden encontrar relieves relativamente similares modelados sobre unidades litológicas muy diferentes. Todo esto nos referencia de algún modo unas relaciones complejas entre litologías y tipos de relieve.

Una observación y reflexión más profunda identificará diferencias importantes en la morfología y mineralogía de los perfiles de meteorización desarrollados a partir de rocas distintas; sin embargo, este mismo observador concluirá rápidamente que los perfiles de meteorización muy evolucionados, desarrollados a partir de rocas muy diferentes, tienden a confluir en sus rasgos morfológicos y de composición mineralógica y química. La relación entre “tipo de roca” y “tipo de perfil de meteorización” no es exclusiva ni excluyente; igualmente se podrán identificar relaciones del perfil de meteorización con las características del clima, de tal modo que los mantos de alteración de las rocas en las tierras bajas y en los piedemontes difieren de aquellos localizados en las partes medias y altas de las cordilleras.

Las interacciones-interrelaciones dinámicas entre los componentes o partes de un sistema son el porte o fundamento para el surgimiento de un comportamiento global del sistema, que en ningún caso se puede asociar con la adición o producto de las dinámicas parciales de sus partes. Los comportamientos diversos que despliega el relieve se pueden considerar como propiedades emergentes que surgen en un escenario de numerosas y muy diversas interacciones, interrelaciones entre procesos hidrológicos, físicos, químicos y biológicos que se presentan en las vertientes, en la superficie y en el subsuelo.

1.2.2 El relieve como sistema complejo

La complejidad de un sistema se puede visualizar, en primera instancia, con base en la diversidad de los elementos o partes que lo componen y según el número y naturaleza de las interrelaciones entre dichos componentes. Un gas en un recipiente hermético está hecho de elementos similares (moléculas de oxígeno, por ejemplo) que se encuentran desorganizadas y despliegan interacciones débiles (fugaces); por el contrario, —una célula un sistema complejo— incluye una variedad grande de elementos organizados en interrelaciones estrechas y persistentes.

La dinámica del relieve en su sentido más general involucra: procesos de alteración de las rocas que pueden ser de naturaleza física, química y biológica; procesos de remoción de materiales que van desde el lavado iónico de los productos de las reacciones químicas pasando por procesos de erosión asociados con las aguas lluvias y el viento hasta procesos de movimientos en masa como los deslizamientos, en los cuales la acción de la gravedad juega un papel fundamental. Los diversos procesos de remoción conectan con procesos de transporte de naturaleza muy diversa según el agente o medio de transporte (los ríos, el viento o el hielo) y finalmente procesos de depositación, los cuales pueden ser fluviales, lacustres y marinos.

De acuerdo con lo anterior, la dinámica del relieve involucra un conjunto, numeroso y diverso de procesos, los cuales se organizan jerárquicamente en sistemas de procesos. El conjunto de procesos relacionados con la alteración de las rocas se ordenan en agrupamientos cuyo accionar define tipos de alteración. La meteorización química y la meteorización física referencian dos sistemas diferentes de procesos, con un predominio de procesos químicos en el primer caso y de procesos físicos para el segundo; sin embargo, el primer sistema no excluye la presencia de procesos físicos como tampoco el segundo excluye la presencia de procesos químicos.

Los procesos de meteorización, remoción, transporte y depositación se agrupan y ordenan en conjuntos diversos de interrelaciones en una región dada; esto constituye el fundamento de la diversidad de comportamientos que despliega la superficie terrestre.

En resumen, los relieves de la superficie terrestre son sistemas complejos, constituidos por un gran número de elementos diferentes, con interrelaciones muy diversas, las cuales despliegan un gran número de estados diferentes.

1.2.3 El relieve como sistema dinámico

La energía solar genera y mantiene la circulación atmosférica, la dinámica del clima y sus diversos tipos, las corrientes oceánicas y el ciclo hidrológico.

La superficie terrestre es una especie de membrana donde confluyen los aportes energéticos externos provenientes del sol y los aportes provenientes del interior terrestre. Igualmente, en ella inciden los procesos con asiento en la atmósfera y en la litosfera.

Los mecanismos de modelado del relieve

La dinámica del relieve en un contexto espacial y temporal específico consiste en una red de interacciones-interrelaciones entre procesos de meteorización, remoción, transporte y depositación, los cuales se referencian como procesos MRTD.

La meteorización designa el conjunto de alteraciones de las rocas cuando se encuentran en las condiciones ambientales imperantes cerca de o, en la superficie terrestre; las diferencias significativas entre las condiciones de formación de las rocas y aquellas imperantes en la superficie terrestre explican el fenómeno de alteración de los materiales formados en profundidad y su transformación en unos nuevos materiales más acordes con su nuevo emplazamiento.

La meteorización también se puede visualizar como un prerequisite para garantizar una remoción significativa de los materiales más externos en respuesta a la acción de procesos atmosféricos como la lluvia y su flujo superficial como escorrentía.

Los mecanismos de modelado del relieve comparten varios hechos comunes: la formación de nuevos materiales, la remoción de los materiales de sus sitios de formación, el transporte de estos materiales a través de distancias muy variables y la depositación de ellos en ámbitos favorables. Por lo tanto, el modelado del relieve se relaciona con la génesis y circulación de los materiales superficiales, ya sean iones o sedimentos de diferente calibre, desde arcillas y limos hasta bloques de varios metros de diámetro. En los ambientes húmedos, la circulación iónica y de sedimentos está estrechamente relacionada con las trayectorias de circulación de las aguas superficiales y subterráneas.

El relieve como sistema dinámico, aprovecha las entradas energéticas, exógena y endógena, para formar nuevos materiales y ponerlos en circulación; en todas las manifestaciones de esta gran transformación se realiza un trabajo de modelado y es por ello que los procesos MRTD son procesos morfogénicos, es decir, generadores de geoformas.

Los comportamientos del relieve

Los comportamientos del relieve en una región dada son cualidades o dinámicas emergentes que surgen de las interrelaciones entre los mecanismos de modelado antes descritos, las condiciones específicas del contexto geológico-climático y las estructuras de relieve heredadas de dinámicas precedentes.

El comportamiento del relieve no consiste en un inventario o censo detallado de una población de procesos básicos ordenados según su frecuencia y magnitud. Los comportamientos responsables del modelado de la superficie terrestre consisten en sistemas de procesos de naturaleza muy diversa, hidrológicos, químicos, físicos y biológicos. El modelado de concavidades de primer orden en el altiplano de



Santa Rosa de Osos se inicia como una acción solidaria entre una infiltración de aguas lluvias (proceso hidrológico) y una alteración congruente de arcillas (proceso químico de disolución) con efectos importantes en la granulometría de los perfiles de meteorización (atributos físicos). A través de un encañamiento de circuitos de retroalimentación positivos y negativos se estructura un comportamiento distintivo que conecta los contrastes en las tasas de infiltración de las aguas lluvias y la disolución de las arcillas caoliníticas con procesos de erosión física interna (tubificación), formación de túneles y chimeneas para finalmente generar desplomes de sobretechos que constituyen las fases tempranas de evolución de las concavidades de primer orden en los altiplanos antioqueños.

La acción de conjunto entre procesos superficiales de naturaleza muy diversa genera una gran diversidad de mecanismos de modelado, los cuales actúan simultáneamente pero inscritos en referentes espacio-temporales diferentes. Esta imagen del proceso de modelado difiere de aquella que lo considera como el accionar de un agregado numeroso de procesos básicos, donde cada uno de ellos opera de manera separada o aislada.

El físico y matemático alemán Hermann Haken denomina a esta acción de conjunto sinérgica.

1.3 La organización del relieve

1.3.1 Organización espacial del relieve

La organización del sistema-relieve hace referencia a la distribución espacial de geoformas y al ordenamiento temporal de su dinámica.

El ordenamiento espacial de tipos de relieve, geoformas y materiales, es decir, de los componentes del sistema-relieve es una organización espacial del sistema, a la cual, Rosnay (1973), denomina los aspectos estructurales del sistema. Para este autor, las características estructurales principales de cada sistema son:

- Los límites.
- Los elementos o componentes.
- Los reservorios.
- La red de comunicación.

Los límites corresponden a las fronteras del sistema; definir el límite entre dos sistemas geomórficos implica delinear los rasgos de identidad de cada uno de ellos. Establecer un límite en la estructura del relieve presupone un conocimiento de las diferencias entre dos relieves adyacentes. El concepto de límite no se puede reducir, en un ejercicio de simplificación, a la idea de barrera que aísla de un exterior hostil.

Los elementos o componentes pueden contarse y agruparse en categorías, familias o poblaciones; pueden ser, las geoformas del relieve de una región o los diferentes tipos de vertiente o de segmentos de vertientes que componen una colina.

Los reservorios son aquellos sectores o zonas del sistema donde se reúnen los elementos del sistema y en los cuales se almacena energía-información y materiales. Si un atributo central de la dinámica del relieve es la circulación de materiales (iones y sedimentos), el desarrollo de perfiles de meteorización muy espesos como los que se presentan en los altiplanos antioqueños (espesores superiores a los 50 metros) y las acumulaciones de sedimentos en las llanuras aluviales de los ríos mayores son ejemplos pertinentes de reservorios.

La red de comunicación de los sistemas permite el intercambio de energía, materia e información entre los elementos del sistema y entre los diferentes reservorios; en los sistemas geomórficos húmedos las redes de comunicación se asocian con las redes de drenaje. En estos ambientes, a través de las redes de



drenaje, se transfieren los sedimentos de los perfiles de meteorización de las vertientes a las llanuras aluviales de los ríos.

1.3.2 Organización temporal del relieve

Los comportamientos del relieve se relacionan con fenómenos que dependen del tiempo, es decir, con la organización temporal del sistema.

La organización temporal remite a la naturaleza de los flujos de materiales, sus magnitudes y sus regímenes, las características de los intercambios y los balances de masa de los diferentes reservorios. Los referentes centrales de la organización temporal del relieve son:

- Los flujos de materiales que circulan entre reservorios
- Las válvulas
- Los retardos
- Los circuitos de retroalimentación.

Los flujos

Los flujos de materiales hacia o desde los reservorios dan como resultado un ascenso o descenso en el nivel de almacenamiento; los flujos se expresan como tasas o ratas (volumen o peso por unidad de tiempo). La existencia de procesos erosivos muy intensos y generalizados en una cuenca está asociada con un flujo sostenido y abundante de sedimentos desde los perfiles de meteorización de las vertientes a las llanuras aluviales en el caso de los materiales relativamente gruesos (arenas, gravas y fragmentos) y a un flujo hacia distancias mucho mayores en el caso de los limos y las arcillas.

El flujo de sedimentos permite zonificar las cuencas de drenaje que se inician en cadenas montañosas elevadas y tributan al mar en tres sectores principales: la cuenca alta es una zona de remoción de sedimentos, la cuenca media es una zona de tránsito de sedimentos y la cuenca baja una zona de almacenamiento de sedimentos. Sin embargo, este modelo conceptual no es generalizable a todas las escalas; a escalas de más detalle, en cada una de las tres zonas antes mencionadas se pueden identificar zonas de remoción, de tránsito y de deposición.

Este modelo de flujo de sedimentos se presenta igualmente a lo largo de una vertiente, entre la divisoria de aguas y su pie o el lecho de una corriente de agua.

El flujo de sedimentos se puede medir en términos de $\text{ton/km}^2/\text{año}$ o incluso mm/año .

El flujo en los sistemas geomórficos puede ser un flujo iónico desde los perfiles de meteorización, a través de las aguas freáticas (agente de transporte); la zona de contacto entre la roca fresca y el perfil de alteración libera una gran cantidad de iones evacuados por las aguas subterráneas. Los saprolitos pierden su reservorio de bases (Na, K, Ca, Mg), las cuales se desplazan a las aguas subterráneas, a los manantiales y luego a los ríos para arribar al mar donde se precipitan formando rocas sedimentarias químicas como las calizas.

En la superficie de las vertientes, los procesos de remoción como la erosión y los deslizamientos constituyen una especie de “llave de salida” de materiales, mientras los procesos de meteorización en el substrato actúan como “una llave de entrada”. Las tasas o ratas de entrada y salida de materiales a través de estas “llaves” y sus respectivos balances definen si una vertiente se encuentra modelada en roca o en un perfil de meteorización muy espeso. La complejidad de este balance se expresa visualmente cuando en el recorrido por una carretera observamos una sucesión muy irregular de “afloramientos en roca” y “afloramientos en suelo” para emplear la terminología que usan los ingenieros civiles.



Las válvulas

Las válvulas en un sistema controlan la tasa de los flujos, ellas pueden incrementar o disminuir la intensidad de los flujos. Los fenómenos que actúan como válvulas en la dinámica del relieve son muy diversos:

- La presencia de núcleos o masas de roca resistentes a la meteorización actúa como una válvula retardadora del avance de la meteorización en profundidad.
- La presencia de material grueso granular en la superficie del terreno actúa como válvula retardadora del flujo de sedimentos desde las vertientes hacia las corrientes de agua.
- La presencia de franjas de roca muy fracturada debido a la presencia de fallas actúa como válvula intensificadora del avance de la meteorización en profundidad.
- En el transporte de sedimentos en las vertientes o a lo largo de un río, las pendientes y la gradiente longitudinal pueden actuar como válvula retardadora o intensificadora.

Retrasos (retardos)

Los retrasos resultan de las variaciones en la velocidad de los flujos a lo largo de su recorrido, lo cual genera una especie de represamiento y acumulación temporal de materiales en algunos sectores; estas acumulaciones, geológicamente transitorias, corresponden a “sedimentos en tránsito”. Es frecuente que el pie de las vertientes, a donde llegan los sedimentos transportados por la escorrentía, constituyan un ámbito de retraso, antes de que las crecientes de las corrientes los capten y los pongan en movimiento una vez más. De este modo, el pie de la vertiente constituye una especie de “estación de transferencia” de sedimentos entre el transporte por escorrentía y el transporte fluvial.

En la dinámica fluvial de los ríos de las tierras bajas en las regiones tropicales, los afloramientos de roca fresca en los lechos de las corrientes actúan como una válvula que retarda el proceso de la incisión fluvial en el sitio y hacia aguas arriba, con lo cual da origen a quiebres de pendiente en el perfil longitudinal y contrastes marcados en la amplitud de las llanuras aluviales.

Los circuitos de retroalimentación

Para Rosnay (1973), estos circuitos constituyen una parte decisiva en el comportamiento de un sistema ya que consiguen integrar los efectos de reservorio, retardos, válvulas y flujos. Existen dos tipos de circuitos de retroalimentación:

- Circuitos de retroalimentación positivos: A través de ellos se expresan las dinámicas de cambio de un sistema (crecimiento, evolución).
- Circuitos de retroalimentación negativa: Son la expresión de las dinámicas de auto-control y estabilidad de un sistema. Estos circuitos son la expresión dinámica de la auto-regulación del sistema y con ellos se restablecen estados precedentes, alterados por perturbaciones.

Los circuitos de uno y otro tipo son comunes en la dinámica del relieve, esta última, por lo tanto, se puede concebir en el mediano y largo plazo como un antagonismo excluyente pero también como una complementariedad entre cambio y estabilidad.

La inestabilidad en los lechos fluviales y en las vertientes, a través de una erosión acelerada y deslizamientos, opera en la mayoría de los casos como circuito de retroalimentación positiva, en el cual, los aportes abundantes de sedimentos desde las vertientes desestabilizan los canales fluviales y estos a su vez generan una mayor inestabilidad en el pie de las vertientes, la cual se transfiere a sus partes media y superior.

En el proceso erosivo de las vertientes, los tránsitos de la erosión laminar a la erosión en surcos, luego a la erosión en cárcavas y finalmente al desarrollo de “tierras malas” ocurre frecuentemente como un

encadenamiento de circuitos de retroalimentación positiva; la descripción metafórica más pertinente de este tipo de circuito es la evolución de la bola de nieve que desciende por la vertiente.

La retroalimentación positiva tiende así a mantener la naturaleza e incrementar la magnitud del efecto inicial, de tal modo que este resulta ampliado exponencialmente. La configuración de circuitos de retroalimentación positiva muy dinámicos produce transformaciones significativas en la estructura del sistema geomórfico en zonas de extensión pequeña o moderada y en temporalidades cortas.

Existen numerosos ejemplos de circuitos de retroalimentación negativa en los sistemas geomórficos. Las relaciones entre “erosión” y “colonización y sucesión vegetal” en las vertientes brindan ejemplos de retroalimentación negativa y positiva e incluso en las regiones secas se presenta una estructura de mosaico con ambas retroalimentaciones.

En términos de lo expresado por Rosnay (1973), si la información recibida en un reservorio indica que el nivel va en ascenso, la decisión de abrir aún más las válvulas de entrada, conducirá a un incremento notable del reservorio. Si el nivel del reservorio está descendiendo y se abren las válvulas de salida conducirá a una pérdida total de lo almacenado. Ambas situaciones expresan el trabajo de un circuito de retroalimentación positivo, operando hacia el infinito o hacia cero. En contraste, la decisión de disminuir el flujo de entrada cuando el nivel del reservorio va en aumento (o aumentarlo cuando el nivel va en descenso) mantiene el nivel a una profundidad constante; esto último es un trabajo de autorregulación o circuito de retroalimentación negativa.

1.4 Ordenamiento de las estructuras mórficas del relieve

1.4.1 Las estructuras mórficas

Las formas de la superficie terrestre se pueden clasificar y agrupar en un sistema de categorías jerarquizadas. Los criterios de clasificación diferentes dan lugar a clasificaciones distintas. Independientemente de esta labor taxonómica, las estructuras mórficas o relieves son objetos naturales modelados por comportamientos morfogénicos específicos o por una sucesión de comportamientos diferentes, en cuyo caso el relieve se presenta como un producto histórico. Esas formas reciben nombres muy diversos, colina, montaña, planicie, escarpe, cerro, llanura aluvial, superficie de erosión, meseta. Nombres que referencian geoformas de escala espacial muy variada y nombres que agrupan estructuras complejas dentro de las cuales se pueden visualizar formas de menor rango escalar.

El criterio de forma para diferenciar la diversidad de estructuras está inmediatamente implícito, pero también es necesario incorporar además los mecanismos de modelado que las generan, los materiales en que son modeladas y el contexto ambiental en que se inscriben mecanismos y materiales.

Existen relaciones estrechas entre la escala espacio-temporal de despliegue de los mecanismos de modelado y la escala espacial de la estructura modelada. El mecanismo de modelado de superficies de erosión es de carácter regional, se plasma y actúa en temporalidades del orden de 10^6 - 10^7 años y se expresa en extensiones del orden de 10^4 - 10^5 kms². La morfogénesis fluvial es un mecanismo de carácter lineal y modela valles de diferentes tamaños y formas, opera continuamente en las regiones húmedas aunque con eficiencias muy contrastantes entre periodos diferentes y consolida su papel modelador en temporalidades de menor rango (10^4 - 10^7 años).

La geomorfología debe contar con un conjunto de principios generales propios que le permitan delimitar y ordenar, espacial y temporalmente, el conjunto de estructuras mórficas que coexisten en una región dada, al cual se le denomina con el nombre de “relieve total”, retomando una propuesta de Budel (1982).

El relieve total de una región corresponde a un conjunto de estructuras mórficas de extensión muy variable, génesis muy distintas y edades diferentes; el ordenamiento de ellas es a la vez de carácter



espacial y temporal. Dentro de un tipo de relieve antiguo se pueden encajar tipos de relieves más jóvenes; un nuevo relieve se encaja en una superficie a costo de la destrucción del relieve preexistente. El ordenamiento espacial del relieve se orienta, en un sentido metafórico, a establecer su “columna estratigráfica”, teniendo presente que en este caso no se trata de ordenar estratos o capas sedimentarias, sino geoformas y tipos de relieves.

1.4.2 El ordenamiento espacio-temporal

El estudio de la organización espacial y temporal de los tipos de relieves en una región dada requiere la consideración de un conjunto de referentes importantes:

- El relieve como testimonio ambiental.
- El relieve como un palimpsesto geomorfológico.
- Principios genéricos de relación espacial entre geoformas.
- Ordenamiento jerárquico de estructuras.
- Generaciones de relieve.

El relieve como testimonio ambiental

Una estructura mórfica es un registro o testimonio del mecanismo de modelado que la produce y del contexto ambiental (climático y geológico) donde se genera; este referente como cualquier otro que se postule tiene sus potencialidades pero también sus limitaciones y excepciones. En primer término, brinda soporte a la idea de emplear el relieve como un indicador de condiciones ambientales pasadas

Figura 1.1.

Valle glacial en el eje de la cordillera Central. Esta geoforma es un indicador confiable de la vigencia de un ambiente glacial en esta zona en el momento del modelado. El alto grado de preservación mórfica en este caso es el resultado de la combinación de dos factores favorables: la edad de la estructura (joven) y la naturaleza del material en que se encuentra modelada (roca fresca). Se llega a este sitio siguiendo la carretera Manizales-Fresno (Foto: L.A. Arias).



y de condiciones actuales. En los Andes colombianos, entre los 2.800 msnm y los 4.500 msnm existen tipos de relieve y geoformas modelados por una morfogénesis glacial pasada, ausente actualmente en dicho corredor altitudinal (figura 1.1).

El carácter testimonial de las geoformas se complementa con significados adicionales provenientes de la estratigrafía de los depósitos, los perfiles de meteorización y los perfiles de los suelos. El conocimiento detallado de las características de los materiales superficiales es un referente fundamental cuando se utiliza el relieve como un factor de reconstrucción ambiental. Las modificaciones que introducen las generaciones de relieve posteriores afectan el carácter testimonial de un paleo-relieve, este testimonio se debilita y termina por desaparecer cuando se remueve la geoforma. La persistencia en el tiempo de un relieve depende de factores muy diversos; el factor más importante entre ellos corresponde a la naturaleza, intensidad y eficiencia para realizar trabajo geomórfico por parte de las generaciones de relieve inmediatamente posteriores.

El relieve como acumulado histórico

La diversidad del relieve de la superficie terrestre también es el resultado de un proceso histórico inscrito en la temporalidad geológica. La persistencia de las estructuras mórficas modeladas supera las temporalidades de los comportamientos que las producen.

De la geomorfología de procesos se hereda el mito de geoformas modeladas por procesos básicos y aislados, en el cual, las diferencias en las estructuras mórficas se explican como diferencias en los procesos.

El relieve, como un producto histórico, corresponde a una sucesión de generaciones de relieve donde las generaciones más recientes “se abren espacio” a expensas de las generaciones más antiguas; en este sentido, la mayoría de los relieves son poligenéticos. Antes que una relación de fidelidad de las formas con los procesos que las modelan, los relieves constituyen un testimonio de la trayectoria evolutiva recorrida.

Estudiar el relieve consiste por lo tanto en identificar y ordenar en la diversidad geomorfológica del paisaje, las diferentes generaciones de relieve que lo constituyen, incluidos los mecanismos de modelado activos, vigentes actualmente. Esta labor, asumiendo una metáfora de la estratigrafía, consiste en levantar la columna estratigráfica del relieve.

Si en un relieve de cierta extensión (100-102 kms²) se pueden definir diferentes generaciones de relieve, ello es factible no porque cada generación sea espacialmente excluyente, sino porque cada una de ellas presenta rasgos identitarios o porque ocupan posiciones y relaciones espaciales distintivas. Por esta razón, la identificación de generaciones de relieve no es un atributo exclusivo de las escalas espaciales regionales. Dentro del altiplano de Santa Rosa de Osos se pueden diferenciar tres o cuatro generaciones de relieve, las mismas que se pueden identificar y delimitar a la escala de la mayoría de colinas individuales (figura 1.2).

Antes que ocupar espacios bien diferenciados y separados, las generaciones de relieve establecen relaciones espaciales de otro tipo: las más jóvenes, en su sentido cronológico, se encajan, cortan o interrumpen a las más antiguas. La interpretación de este escenario de superposición de generaciones de relieve se asemeja bastante a la técnica de lectura de palimpsestos e incluso comparte con ésta, algunos principios de referencia.

Las generaciones de relieve precedentes están afectadas por modificaciones secundarias, alteraciones profundas, destrucciones parciales o incluso totales en consonancia con las incertidumbres de los patrones de cambio ambiental; sin embargo, la intensidad de las modificaciones tiende a ser mayor en las generaciones más antiguas.



En este escenario histórico existe también la opción de generaciones de relieve recientes capaces de realizar un trabajo geomórfico muy eficiente de tal modo que consiguen borrar todo testimonio de las generaciones de relieve precedentes.

El relieve montañoso de la cordillera Occidental en jurisdicción de los municipios de Ituango y Peque, modelado por una incisión fluvial vigorosa y una remoción intensa en las vertientes ha conseguido borrar toda evidencia de relieves Terciarios; solo persisten las geoformas de origen glacial del Cuaternario tardío y abanicos aluviales colgados del pleistoceno superior-Holoceno.

La organización espacio-temporal del relieve plantea el reto de introducir un ordenamiento para situaciones en las cuales se tienen: encajamientos de unas estructuras mórficas dentro de otras, destrucción parcial de las estructuras precedentes por las posteriores, ocultamiento de unas por otras y modificación de las más antiguas por las más recientes.

El objetivo central de este trabajo es la realización de una zonificación del relieve del departamento de Antioquia; ello presupone una aprehensión amplia y profunda de los significados que subyacen en el concepto de “relieve”.

Una zonificación simple puede clasificar el relieve de una región con base en su forma más inmediata y directa, tomando como referentes la altitud, las pendientes, la orientación de éstas y sus curvaturas. Algunas de estas clasificaciones, de carácter morfográfico, retoman lo que en otros términos se denominaba como clasificación fisiográfica.

La zonificación del relieve del departamento de Antioquia se fundamenta en la idea del relieve como un acumulado histórico que se desarrolla a la manera de un palimpsesto paisajístico. En estas circuns-

Figura 1.2.

Relieve colinado con cimas planas. Las cimas planas y equialtitudinales constituyen el testimonio de un relieve ondulado precedente, modificado por una disección fluvial densa y poco profunda. Foto tomada en el altiplano de Santa Rosa de Osos en la cuenca alta del río Grande, al norte de la población de Aragón (Foto: L. A. Arias).





tancias, una zonificación implica el conocimiento de las diferentes generaciones de relieve que conforman el acumulado histórico y elementos principales de la génesis de dichas generaciones. En síntesis: la zonificación del relieve de una región presupone el conocimiento de su génesis, evolución e historia.

Es muy frecuente en la literatura la referencia metafórica al relieve como un objeto natural que permanece en el tiempo sin cambios importantes. La afirmación “cambia más una montaña” de uso frecuente en el diálogo coloquial referencia erróneamente a los sistemas geomorfológicos con la ausencia de dinámica y de cambio.

La versión ilustrada de esta apreciación se encuentra en aquellos investigadores que circunscriben la dinámica e historia del relieve a la parte final del cuaternario y asocian la totalidad del relieve con el relieve activo, es decir, desconocen la posibilidad de relieves antiguos heredados (“relieves reliquias”) que hacen parte del relieve total de una región. Reducir la diversidad de las geoformas constitutivas del relieve de una región a los relieves activos modelados en el contexto tectónico y climático actual es otra manera de desconocer o negar su carácter histórico.

El relieve como sistema geomórfico remite simultáneamente a un sistema de procesos de superficie con unos comportamientos emergentes, característicos y distintivos de ciertos contextos climáticos y tectónicos específicos. El relieve de una región dada es un sistema en permanente construcción, otra forma de decir lo mismo sería afirmar la existencia de un sistema en permanente destrucción. Inherente a la idea de construcción permanente va la idea de destrucción permanente. El comportamiento del relieve es así una relación dialógica entre destrucción-construcción.

La estructura mórfica del relieve corresponde a un conjunto de geoformas inscritas en un rango amplio de escalas espaciales; las estructuras de mayor jerarquía se asocian con las de mayor extensión. El escenario se puede visualizar como un mosaico de gran diversidad donde los relieves de menor jerarquía encajan dentro de aquellos de mayor jerarquía.

1.4.3 El estudio morfométrico

El estudio del relieve de una región consiste en la descripción, análisis y explicación del conjunto de geoformas de la superficie terrestre.

El estudio incorpora simultáneamente la descripción de las formas, el análisis de los materiales que las soportan, los comportamientos de modelado y los cambios de dichos comportamientos en el tiempo.

Las herramientas modernas de descripción de la forma permiten realizar un estudio detallado de la distribución espacial de la altitud, el relieve relativo, las pendientes, la densidad y grado de la disección y otras variables. La morfometría o geomorfometría tiene por objetivo central realizar una descripción cuantitativa de las formas de la superficie terrestre, una especie de geometría natural.

La descripción tradicional de las formas del relieve toma como referencia objetos naturales de la experiencia tales como valles, planicies, montañas altiplanos, mesetas, etc. La geomorfometría en su estado actual emplea otros conceptos interrelacionados como altitud, pendientes, aspecto y curvaturas, con los cuales se pueden identificar algunos patrones básicos, tales como ejes de vaguadas (canales), ejes divisorios de aguas, picos, depresiones cerradas y superficies planas con cualquier grado de inclinación.

La geomorfometría emplea estos conceptos básicos y derivados, al igual que otros conceptos más complejos, para brindar una descripción de tipo morfométrico de las superficies irregulares; estos conceptos permiten visualizar una nueva población de objetos que albergan muchas posibilidades para construir explicaciones acerca de la estructura mórfica del relieve; sin embargo, en estos conceptos van igualmente implícitas diversas limitaciones respecto a los referentes tradicionalmente empleados para describir y explicar el relieve.



2. Distribución altitudinal

2.1 Introducción

El territorio del departamento de Antioquia presenta una distribución altitudinal muy amplia, con terrenos localizados desde el nivel del mar, en el golfo de Urabá, hasta terrenos que se ubican por encima de los 3.000 msnm en las cordilleras Central y Occidental; de acuerdo con las imágenes de radar SRTM, la mayor elevación corresponde a 3.969 msnm y se presenta en los Farallones del Citará en la región del suroeste antioqueño en cercanías del límite con el departamento del Chocó.

La distribución espacial de la altitud en un contexto de carácter regional representa un balance entre los procesos endógenos de levantamientos tectónicos y los procesos de formación de acumulaciones espesas de materiales volcánicos y vulcano-clásticos, de una parte, y los procesos de remoción e incisión fluvial o glacial, de otra. Levantamientos tectónicos, acumulaciones fluviales y vulcano-clásticas e incisión fluvial vigorosa constituyen expresiones dinámicas muy efectivas en el modelado del relieve del departamento de Antioquia.

La distribución de la altitud en el departamento de Antioquia es bastante compleja, especialmente para los dos cinturones cordilleranos, distribución que permite establecer diferencias marcadas e importantes respecto de aquella que presentan ambas cordilleras en los departamentos inmediatamente al sur.

La distribución espacial de la altitud en las cordilleras constituye un referente importante para establecer una zonificación morfoestructural de ellas, lo cual se presentará en el numeral 6.

2.2 Distribución espacial de la altitud

En la figura 2.1 se presenta un mapa del departamento, con la distribución espacial de la altitud, y en la tabla 2.1 un cuadro con la distribución espacial de la altitud para el departamento de Antioquia; en la figura 2.2 su respectivo histograma. Para el caso del histograma, éste se ha segmentado en rangos de 133 m. A esta escala espacial son evidentes algunas características generales del relieve y, de manera más sutil, algunos rasgos más específicos.

A medida que se incrementa la altitud, disminuye el peso porcentual de los rangos altitudinales, lo cual es una característica común para áreas extensas en las que se involucran cinturones cordilleranos. Este comportamiento presenta excepciones para algunos intervalos, de tal manera que ciertos intervalos con mayor altitud presentan pesos porcentuales mayores que los intervalos altitudinales inmediatamente inferiores.

En este sentido, el histograma de las altitudes para la jurisdicción del departamento presenta varios “máximos” y “mínimos”. Esta distribución relativa de la altitud es la expresión de una estructura escalonada del relieve en ambas cordilleras.

Las tierras bajas

El 30.6% del territorio del departamento se localiza por debajo de los 250 msnm, ocupa una extensión de 19.201 km² y se localiza en:

- El norte de la región de Urabá, en las cuencas de los ríos San Pedro y San Juan.
- El piedemonte occidental de la Serranía de Abibe (eje bananero) y las llanuras aluviales de los ríos León y Atrato.

- La región del Atrato medio entre las cuencas de los ríos Arquía y Murindó.
- El piedemonte frontal de las cordilleras Occidental y Central en la región del Bajo Cauca, entre las cuencas del río Man al occidente y el río Nechí al oriente.
- Una franja alargada y amplia en la parte oriental de la cordillera Central que se extiende desde Puerto Triunfo en el sur hasta la población de Yondó en el norte.

En el otro extremo del rango altitudinal, las tierras localizadas por encima de los 3000 msnm poseen una extensión de 418.7 km², equivalentes al 0.67% de la jurisdicción departamental, distribuidas en dos franjas discontinuas y paralelas, las cuales enmarcan lateralmente el límite superior del cañón del río Cauca.

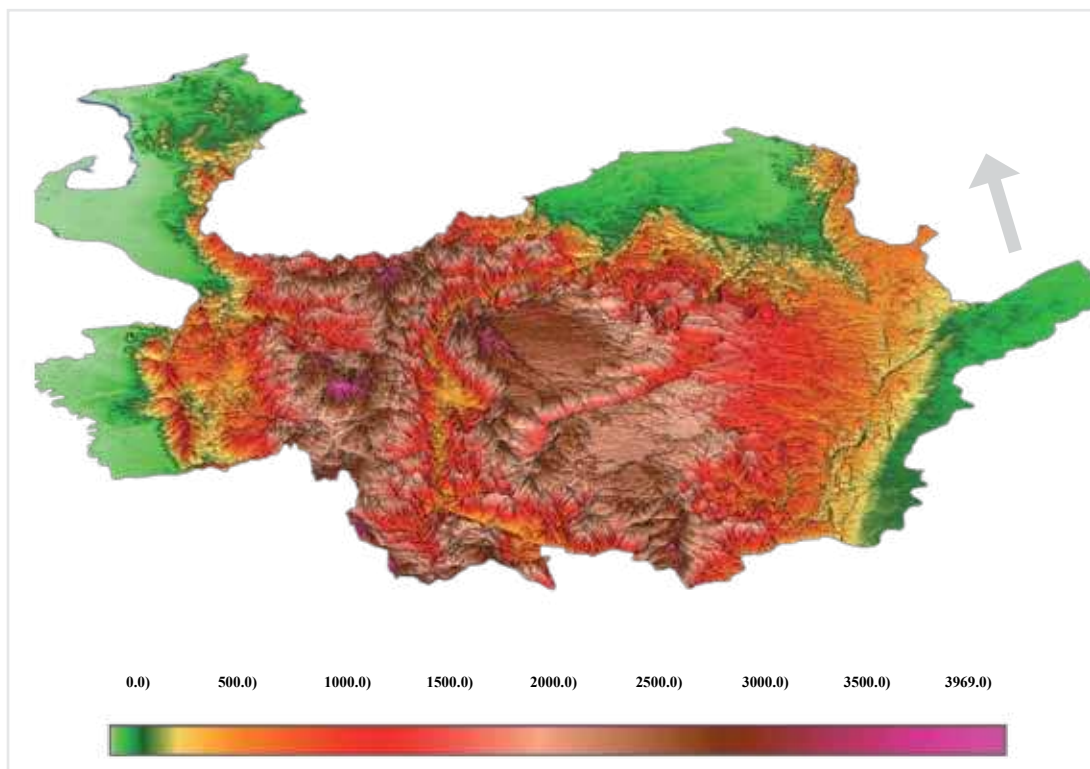
Una franja se localiza en el borde oriental de la cordillera Occidental y va desde el nudo de Paramillo, en el norte, hasta el cerro de Caramanta y el Alto de Bellavista, en el sur. La segunda franja ocupa el borde occidental de la cordillera Central y va desde la zona del páramo de Belmira, en el norte, hasta la zona del páramo de Sonsón, en el sur, en el límite con el departamento de Caldas.

Ambas franjas están conformadas por zonas de terreno alargadas, estrechas y discontinuas y por tres cuerpos de terreno equidimensionales, relativamente extensos: el nudo de Paramillo y el páramo de Frontino, en la cordillera Occidental, y el páramo de Belmira, en la cordillera Central.

Estas franjas, aproximadamente paralelas, presentan una separación de 25.5 km en el sector de Sabanalarga y de 32.1 km en el sector de Santa Fe de Antioquia y continúa aumentando sistemáticamente la

Figura 2.1.

Mapa indicando la distribución espacial de la altitud para el departamento de Antioquia. Las tierras bajas se localizan por debajo de 200-250 msnm. En la Cordillera Central un corredor de máxima altitud se localiza hacia su borde occidental; a partir de este corredor la altitud disminuye sistemáticamente en dirección al oriente y al sureste. En la Cordillera Occidental dos patrones diferentes de distribución espacial de la altitud están separados por el lineamiento geográfico de los ríos Tonusco-Sucio.





separación hasta alcanzar los 75.0 km entre el cerro de Caramanta y el páramo de Sonsón en la parte sur del departamento.

En la tabla 2.2 se presentan el listado de las zonas localizadas por encima de los 3.000 msnm y algunas de sus características. La zona de mayor extensión corresponde al páramo de Belmira, en jurisdicción de los municipios de Belmira y San José de la Montaña, con una extensión de 98.2 km² y una altitud máxima de 3.369 msnm; en orden de mayor extensión le sigue el páramo de Frontino (también conocido como páramo del Sol), en jurisdicción del municipio de Urrao, con una extensión de 82.5 km² y una altitud máxima de 3.942 msnm. El sector del nudo de Paramillo, en tercer lugar, posee una extensión de 67.5 km² y una altitud máxima de 3.738 msnm.

Tabla 2.1.
Distribución areal y porcentual de rangos altitudinales en el departamento de Antioquia

Rango altitudinal (msnm)	Área (km ²)	Porcentaje
0-117	14065	22.4
117-250	5132.8	8.2
250-383	3146.0	5.0
383-515	3285.9	5.2
515-648	3872.0	6.2
648-781	3065.8	4.9
781-914	2905.7	4.6
914-1047	2705.6	4.3
1047-1180	2359.8	3.8
1180-1312	2222.4	3.5
1312-1445	2163.6	3.5
1445-1578	2071.9	3.3
1578-1711	1914.9	3.1
1711-1844	1968.8	3.1
1844-1977	1815.3	2.9
1977-2109	2118.1	3.4
2109-2242	1864.4	3.0
2242-2375	1707.5	2.7
2375-2508	1737.9	2.8
2508-2641	1215.0	1.9
2641-2774	675.2	1.1
2774-2906	356.4	0.6
2906-3039	198.3	0.3
3039-3172	100.4	0.2
3172-3305	45.6	0.1
3305-3438	31.2	0.1
3438-3571	22.5	0.04
3571-33703	4.8	0.01
3703-3969	1.2	0.00
Total	62776.0	100.00

De las 35 zonas registradas con altitud superior a los 3.000 msnm, 17 presentan una extensión menor a 5.0 km² y 12 de ellas poseen extensión menor a 2.0 km². La relación entre área y perímetro (valores muy bajos de área y valores de perímetro muy altos) indica que se trata de franjas de terreno estrechas y muy alargadas que marcan las divisorias de agua principales de las cuencas de drenaje mayores del departamento. Se apartan de esta configuración las tres zonas de mayor extensión antes mencionadas, las cuales se configuran como zonas equidimensionales en las que nacen algunas de las corrientes de agua más importantes del departamento.

La franja localizada en la cordillera Occidental presenta mayor altitud de tal modo que nueve de las 23 zonas que la conforman presentan altitud entre 3.373 y 3.969 msnm. La distribución de altitudes dentro de la franja es bastante irregular, sin que se pueda identificar algún patrón espacial; el rango de variación de la altitud máxima en esta franja es de 962 m.

Para la franja localizada en la cordillera Central, el sitio de mayor elevación se encuentra en el páramo de Belmira con un valor de 3369 msnm y el rango de variación de la altitud máxima entre las zonas que la conforman es de 325 m.

Asimetría geomorfológica de los cinturones cordilleranos

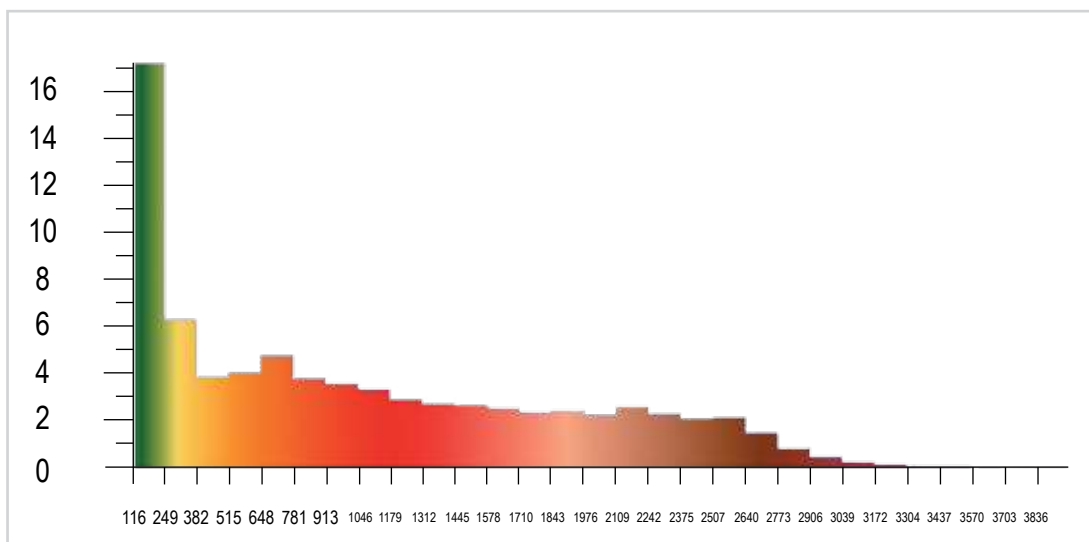
De acuerdo con la distribución espacial de la altitud en ambas cordilleras es evidente la existencia de una asimetría geomorfológica muy marcada; el eje longitudinal de simetría de los dos cinturones cordilleranos no coincide con la línea que conecta los puntos de mayor altitud, es decir, con la línea regional de divisoria de aguas.

Para el caso de la cordillera Occidental, la línea de mayor altitud se encuentra desplazada hacia el oriente, lo cual genera una morfología contrastante para las vertientes del corredor cordillerano; una vertiente oriental relativamente corta con desniveles altitudinales pronunciados y una vertiente occidental mucho más larga, lo cual se puede interpretar, desde el punto de vista morfoestructural, como un corredor cordillerano basculado al occidente.

Para el caso de la cordillera Central se presenta una asimetría contrastante con la de la cordillera Occidental. La línea de mayor altitud se encuentra desplazada hacia el occidente, lo que genera una vertien-

Figura 2.2

Histograma de la distribución de la altitud para el departamento de Antioquia. El histograma presenta la configuración típica para una región de cinturones cordilleranos, a saber una disminución del peso porcentual de los rangos de altitud a medida que ésta aumenta. Igualmente se presentan algunos rangos estrechos de altitud con valores de máximos, expresión de la existencia de una estructura escalonada del relieve.





te occidental corta con desnivel altitudinal pronunciado en distancias relativamente cortas mientras que la vertiente oriental es bastante larga y con un escalonamiento altitudinal marcado.

Estructura escalonada del relieve

43

La estructura escalonada del relieve, expresada sutilmente en el histograma de altitud a la escala espacial del departamento, se hace evidente cuando se pasa a la escala de cordillera y se hace aún más clara

Tabla 2.2.
Zonas del departamento localizadas por encima de los 3.000 msnm.

Nº	Ubicación	Cordillera	Área (km²)	%	Perímetro (km²)	Altitud máxima (m)
1	Norte del nudo de Paramillo	Occidental	0.76	0.18	5.9	3099
2	Norte del nudo de Paramillo	Occidental	0.09	0.02	1.4	3031
3	Norte del nudo de Paramillo	Occidental	0.003	-	2.8	3098
4	Norte del nudo de Paramillo	Occidental	0.01	-	-	3007
5	Norte del nudo de Paramillo	Occidental	0.6	0.16	-	3011
6	Nudo de Paramillo	Occidental	67.5	16.1	55.9	3738
7	Cuchilla del Paramillo	Occidental	10.2	2.4	15.9	3373
8	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio	Occidental	2.7	0.6	-	3177
9	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Occidental	2.9	0.7	-	3463
10	Páramo de Frontino	Occidental	103.4	24.7	43.2	3942
11	Sur del Boquerón del Toyo.	Occidental	25.5	6.1	-	3584
12	Divisoria de aguas de los ríos Penderisco y Cauca.	Occidental	1.3	0.3	9.8	3108
13	Divisoria de aguas de los ríos Penderisco y Cauca.	Occidental	2.5	0.6	8.4	3337
14	Cuenca alta del río Pabón	Occidental	20.1	4.8	41.9	3590
15	Farallones del Citará	Occidental	26.4	6.3	-	3969
16	Cerro Caramanta	Occidental	20.9	5.0	25.3	3792
17	Alto Bellavista	Occidental	9.6	2.3	22.8	3276
18	Páramo de Belmira	Central	98.2	23.4	112.3	3369
19	Las Baldías	Central	5.5	1.3	17.7	3143
20	Cerro del Padre Amaya	Central	0.48	0.1	4.6	3133
21	Alto de San Miguel	Central	1.03	0.2	9.7	3106
22	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Central	0.08	0.02	1.2	3068
23	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Central	0.37	0.09	5.0	3210
24	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Central	3.2	0.8	13.5	3329
25	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Central	0.48	0.1	8.8	3179
26	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Central	4.7	1.1	14.9	3367
27	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Central	5.5	1.3	17.6	3281
28	Divisoria de aguas de los ríos Cauca y Sucio, cerca a Boquerón del Toyo.	Central	1.7	0.4	6.5	3233



cuando se realiza para las cuencas de drenaje mayores del departamento, si se seleccionan cuencas que se extiendan a través del flanco oriental de la cordillera Central y del flanco occidental de la cordillera Occidental.

Cordillera Central

En las figuras 2.3 y 2.4 se presentan los histogramas de la altitud para las cordilleras Central y Occidental respectivamente. En la figura 2.3 se pueden diferenciar claramente cinco rangos altitudinales de “máximos”, los cuales se detallan en la tabla 2.3.

Una secuencia de máximos y mínimos en el histograma de altitudes de la cordillera Central expresa la existencia de un sistema escalonado de superficies extensas con diferencias de altitud a su interior menores de 133 metros separadas por corredores alargados, relativamente estrechos y que presentan diferencias pronunciadas de altitud. Esta configuración del relieve corresponde a un sistema escalonado de altiplanos separados por escarpes erosivos para la mitad occidental de la cordillera (Arias, 1995; Arias, 1996) y a un sistema de bloques tectónicos levantados en la parte más oriental (Page & James, 1981), en los que las resistencias diferenciales a la alteración y remoción entre rocas ígneas y rocas metamórficas hacen más contrastantes las diferencias de altitud.

En las figuras 2.5 y 2.6 se presentan dos imágenes de radar procesadas en las que se muestra el escalonamiento del relieve para la vertiente oriental de la cordillera Central. De acuerdo con la figura 2.5, es evidente que el bloque localizado inmediatamente al oriente de las fallas Cocorná, Palestina y Otú-Pericos se encuentra levantado respecto del bloque localizado al occidente de dichas fallas. En la figura 2.6 es evidente la existencia de un sistema escalonado de superficies de erosión levantadas tectónicamente y separadas por escarpes regionales de carácter erosivo.

El escalonamiento del relieve en la vertiente oriental de la cordillera Central tiene así un doble origen:

- Por encima de los 1.795 msnm, en la mitad occidental de este cinturón cordillerano, se presenta un sistema de altiplanos separados por escarpes erosivos los cuales “miran” hacia el oriente y no presentan relaciones espaciales evidentes con las estructuras geológicas mayores (fallas).
- El escalonamiento por debajo de los 588 msnm corresponde a bloques tectónicos basculados separados por escarpes pronunciados, muy marcados y rectilíneos, que “miran” tanto al oriente como al occidente y coinciden con varias de las fallas del sistema de falla de Palestina.

Cordillera Occidental

El histograma de la figura 2.4 representa la distribución de altitudes para la cordillera Occidental al sur del lineamiento geográfico pronunciado representado en la colinealidad de los ríos Tonusco y Sucio y asociado con la falla Uramita (Ingeominas, 1997). De acuerdo con el histograma, una parte conside-

Tabla 2.3

Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cordillera Central.

Rango altitudinal (msnm)	Área (km ²)	% respecto a cordillera central	Ubicación
225-346	2737	8.8	
587-708	2118	6.8	
1916-2036	923	3.0	
2157-2278	1194	3.8	Altiplanos: Embalse del Peñol, Carolina-Gómez Plata, Amalfi, Rionegro.
2519-2640	1105	3.6	Parte norte del altiplano de Santa Rosa de Osos.



table de la extensión de este segmento se concentra en tres rangos altitudinales bien diferenciados, los cuales se describen en la tabla 2.4.

Se trata de un escalonamiento con tres niveles bien definidos, separados por dos corredores escarpados estrechos y muy continuos que separan la llanura aluvial del río Atrato y la zona del piedemonte de las tierras colinadas del corredor entre Murri y Mandé y a éstas de los valles de los ríos Encarnación, Penderisco y Pabón en la parte sur, en jurisdicción del municipio de Urrao, y de los valles de los ríos Verde y La Herradura en la parte norte, en jurisdicción de los municipios de Frontino y Abriaquí.

Figura 2.3.

Histograma de la altitud para la Cordillera Central. A la escala de cinturón cordillerano se presenta un histograma multimodal con tres rangos altitudinales amplios (225-346 msnm, 467-1191 msnm, y 2.157-2.640 msnm). La estructura multimodal de la altitud es la expresión de una estructura escalonada del relieve presente en la cordillera.

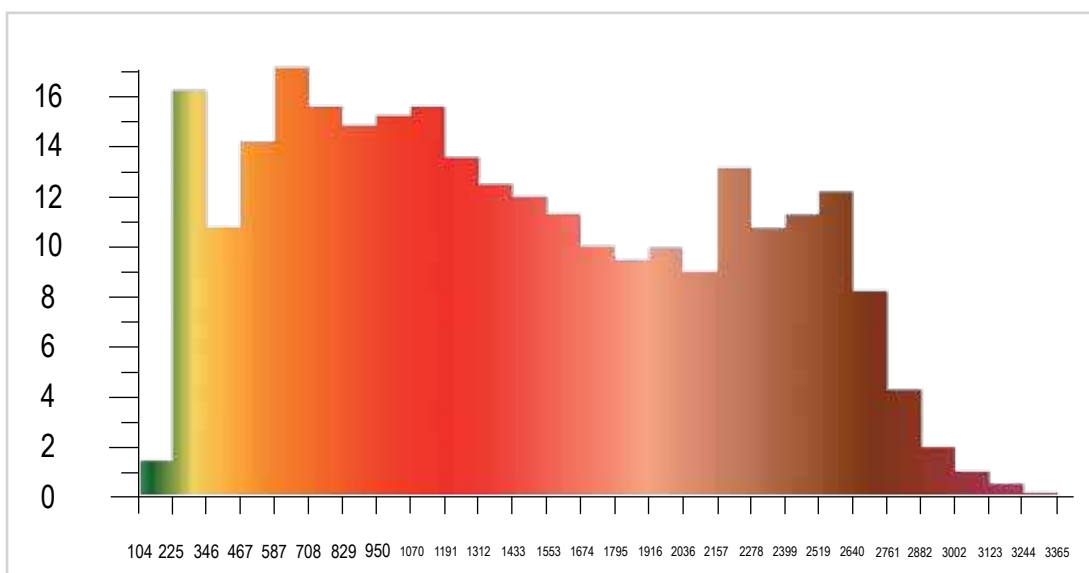
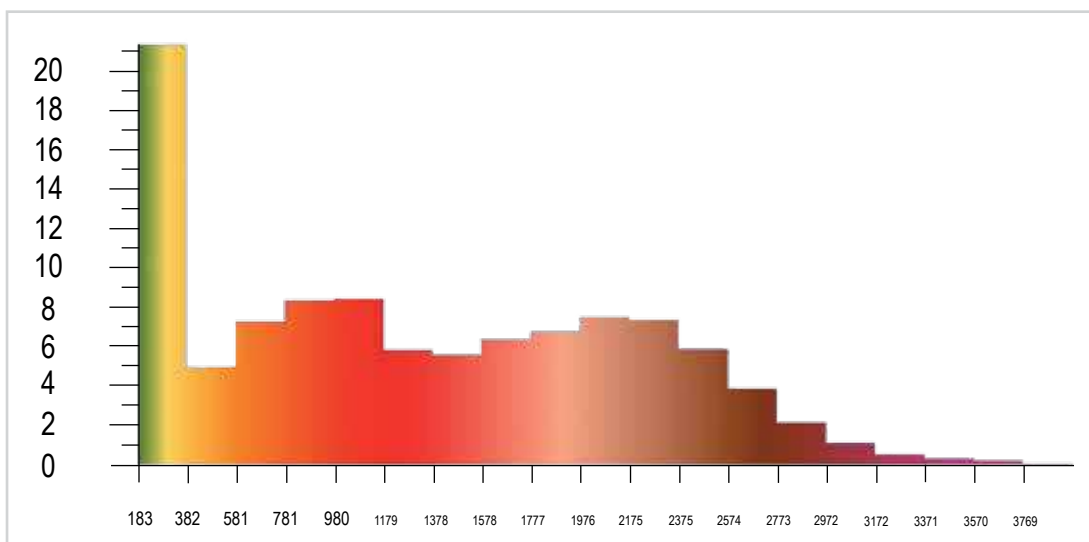


Figura 2.4.

Histograma de la altitud para la cordillera Occidental al sur del lineamiento de los ríos Tonusco-Sucio. Se presenta la distribución de la altitud para la Cordillera Occidental al sur del lineamiento geográfico pronunciado representado en la co-linealidad de los ríos Tonusco-Sucio y asociado con la falla Uramita. Una parte considerable de la extensión de este segmento se concentra en tres rangos altitudinales bien diferenciados. 0-382 msnm correspondientes a la zona del piedemonte. 581-1.179 msnm y 1.578-2.375 msnm. Los dos últimos rangos corresponden a segmentos cordilleranos paralelos bien desarrollados en la cordillera.





La figura 2.7 corresponde a una representación del relieve de la cordillera Occidental, al sur de la falla de Uramita.

Triángulo montañoso tropical

Para el segmento de la cordillera Occidental localizado al norte de la falla de Uramita y para la porción de la cordillera Central ubicada al occidente de la falla del Espíritu Santo se presenta una zona bastante extensa, en la cual la distribución espacial de la altitud difiere significativamente de la estructura escalonada identificada en las zonas previamente descritas. Esta zona corresponde a un bloque cordillerano de forma triangular con diferencias de altitud muy marcadas en distancias horizontales relativamente cortas, el cual se referencia como Triángulo montañoso tropical (en lo que sigue: TMT); más adelante en el desarrollo de la exposición se justificará esta denominación. La forma triangular del bloque está conformada por las fallas de Uramita y del Espíritu Santo y por la zona de piedemonte frontal de ambas cordilleras.

La figura 2.8 es una representación del relieve del TMT y la figura 2.9 el histograma de las altitudes; según el histograma, corresponde a una distribución unimodal con una concentración de las altitudes en los rangos. Tabla 2.5.

En la región del TMT la estructura escalonada descrita para los segmentos cordilleranos precedentes está ausente; sin embargo, la mayor concentración areal de la altitud traslapa con el rango altitudinal más elevado definido para la cordillera Occidental.

En el TMT se presentan relaciones contrastantes entre altitud y área; entre los 100 y los 1.090 msnm el incremento altitudinal está asociado con un incremento del área para cada rango. Entre los 1.090 y los 1.755 msnm, las áreas correspondientes a los rangos altitudinales son muy similares; el 38.7% del territorio del TMT se localiza dentro de este rango altitudinal. Por encima de los 1.755 msnm y hasta la altitud máxima alcanzada (3.748 msnm) se presenta una relación inversa entre altitud y área.

Escalonamiento del relieve a la escala de los flancos mayores de los cinturones cordilleranos

La presencia de máximos y mínimos en los histogramas de la altitud es más evidente cuando el análisis se realiza a la escala del flanco oriental de la cordillera Central y del flanco occidental de la cordillera Occidental. Para el primer caso se selecciona la cuenca del río Negro-Nare y para el segundo caso la cuenca del río Murri. Ambas cuencas ocupan un corredor amplio que cubre más del 90% del rango altitudinal de los flancos mencionados.

Las figuras 2.10 y 2.11 corresponden a la cuenca de drenaje del río Negro-Nare y su histograma de altitudes mientras que las figuras 2.12 y 2.13 corresponden a la cuenca y el histograma para el río Murri.

Tabla 2.4

Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cordillera Occidental.

Rango altitudinal (msnm)	Área (km ²)	% respecto a cordillera central	Ubicación
0-183	1919	20.48	Llanura aluvial del río Atrato y zona actual de piedemonte.
581-781	752	8.0	Cuenca media del río Murri; corredor Murri-Mandé; cuenca media-baja del río Sucio.
781-980	762	8.1	
1378-1578	574	6.1	Cuencas medias de los ríos: Sucio, Penderisco y San Juan. Parte media del cañón del río Cauca.
1578-1777	609	6.5	
1777-1977	678	7.2	
1977-2176	664	7.1	



Figura 2.5. Estructura escalonada del relieve en la parte baja del flanco oriental de la Cordillera Central. El escalonamiento del relieve en este sector es producido por las dislocaciones tectónicas del sistema de falla Palestina sobre una superficie de erosión levantada (el altiplano reciente); el bloque oriental; se encuentra levantado respecto del bloque localizado al occidente de dichas fallas. Este comportamiento se repite en varias fallas del sistema.

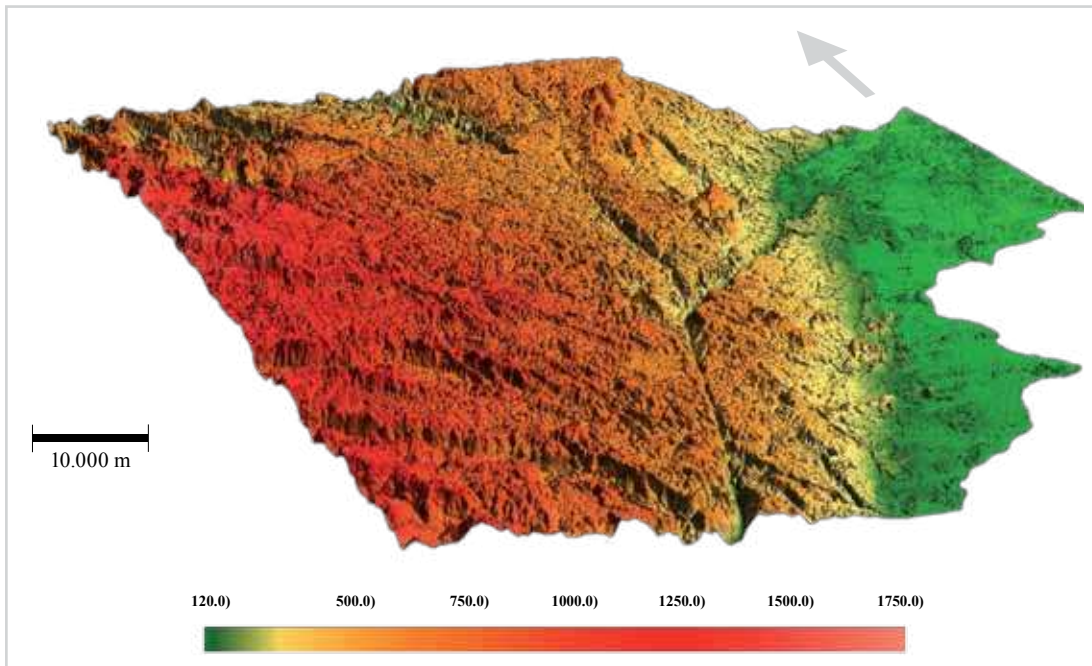


Figura 2.6. Sistema escalonado de altiplanos separado por escarpes erosivos regionales. Un sistema escalonado de tres niveles de altiplano separados por escarpes erosivos regionales ocupan la parte superior del flanco oriental de la Cordillera Central; altiplanos y escarpes están segmentados por una red de cañones lineales profundos.

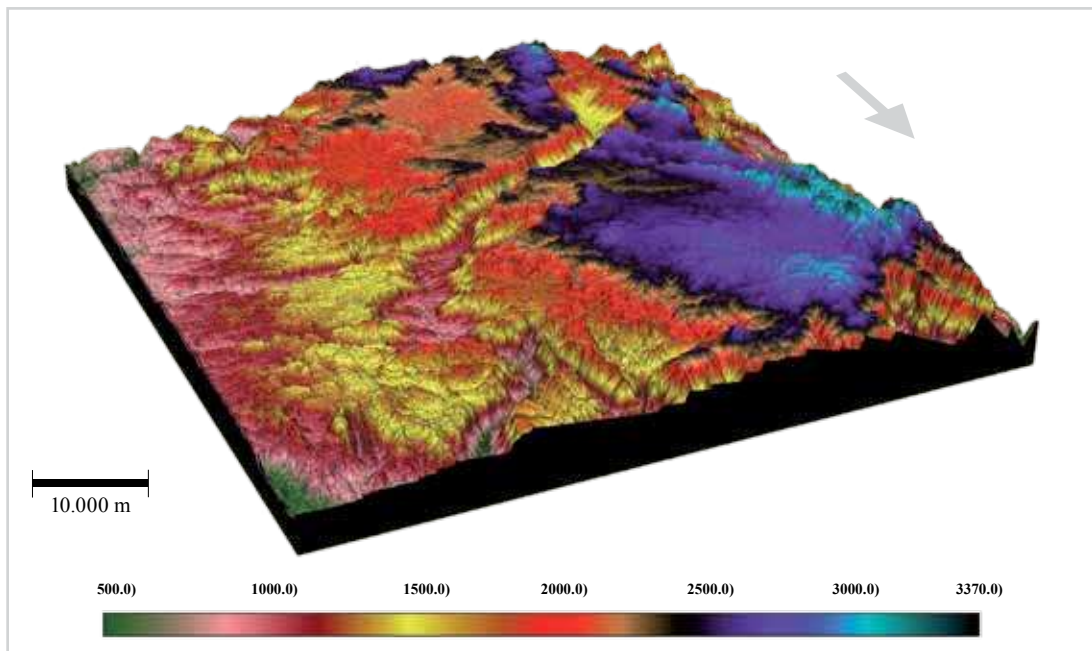
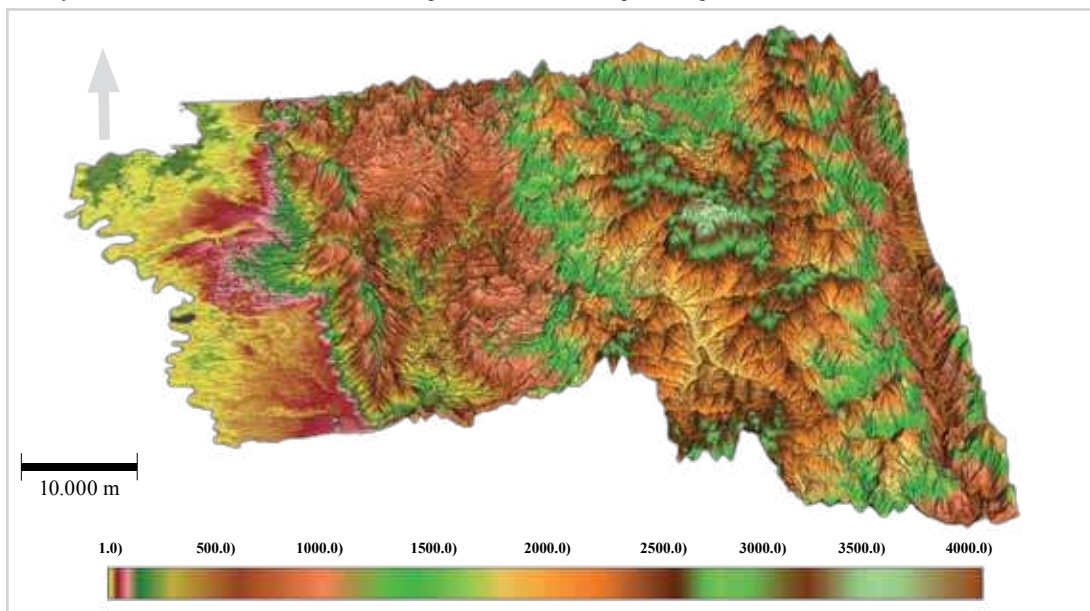


Figura 2.7.

Estructura escalonada del relieve de la Cordillera Occidental al sur de los lineamientos del los ríos Tonusco-Sucio. El escalonamiento está constituido por tres niveles amplios donde se presentan relieves colinados, separados por corredores estrechos de escarpes con gradiente altitudinal pronunciada. El nivel de mayor altitud se localiza en la parte oriental de la cordillera y coincide con los valles de los ríos Pabón, Penderisco, Urrao y Encarnación en jurisdicción del municipio de Urrao y con el Valle del río Verde y la quebrada la Herradura en jurisdicción de los municipios de Frontino y Abriaquí. El nivel intermedio se corresponde al corredor de relieve colinado equialtitudinales modelados en los perfiles de meteorización de las rocas del batolito de Mandé y de las rocas volcánicas del Complejo Santa Cecilia-La Equis localizado entre las poblaciones de Murri y Mandé. El nivel inferior localizado en la parte occidental corresponde al piedemonte actual de la cordillera.

**Figura 2.8.**

El relieve del Triángulo Montañoso Tropical (TMT). El relieve del TMT está constituido por vertientes muy largas (> 2.0 km), de gran inclinación que configuran cañones en “V” profundos y estrechos y divisorias de aguas igualmente estrechas. La dinámica fluvial está marcada por una incisión vertical vigorosa y una competencia y capacidad de transporte muy alta. La remoción intensa en las vertientes impide el desarrollo de perfiles de meteorización espesos y de suelos con buen desarrollo pedogénico. Una morfogénesis vigorosa durante el Cuaternario y Neógeno es responsable de la ausencia de generaciones de relieves pasadas en el TMT.

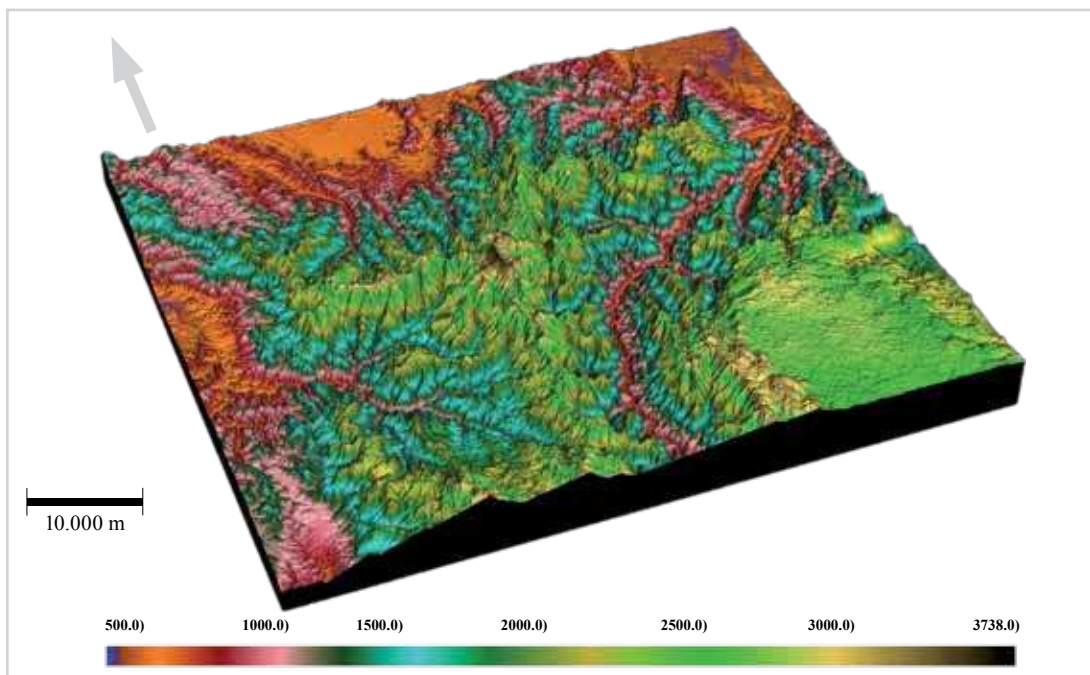




Figura 2.9.

Histograma de altitud en el Triángulo Montañoso Tropical. La región del TMT presenta un histograma de altitud de tipo unimodal que contrasta con los histogramas multimodales de las regiones adyacentes. La estructura escalonada del relieve es un rasgo heredado en el relieve de los cinturones cordilleranos que se encuentra ausente en el TMT como consecuencia de una morfogénesis intensa desde el Neógeno.

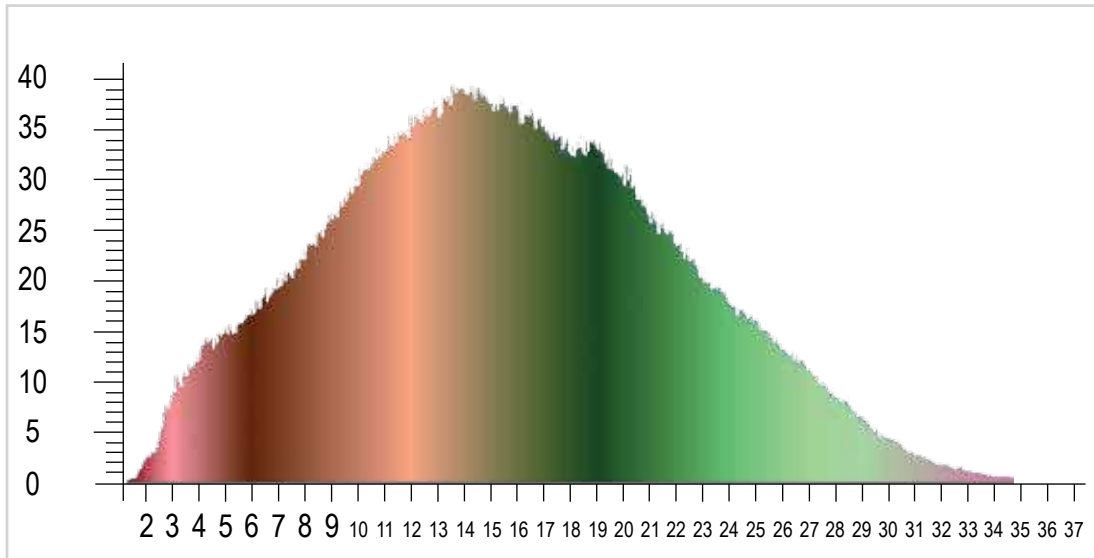
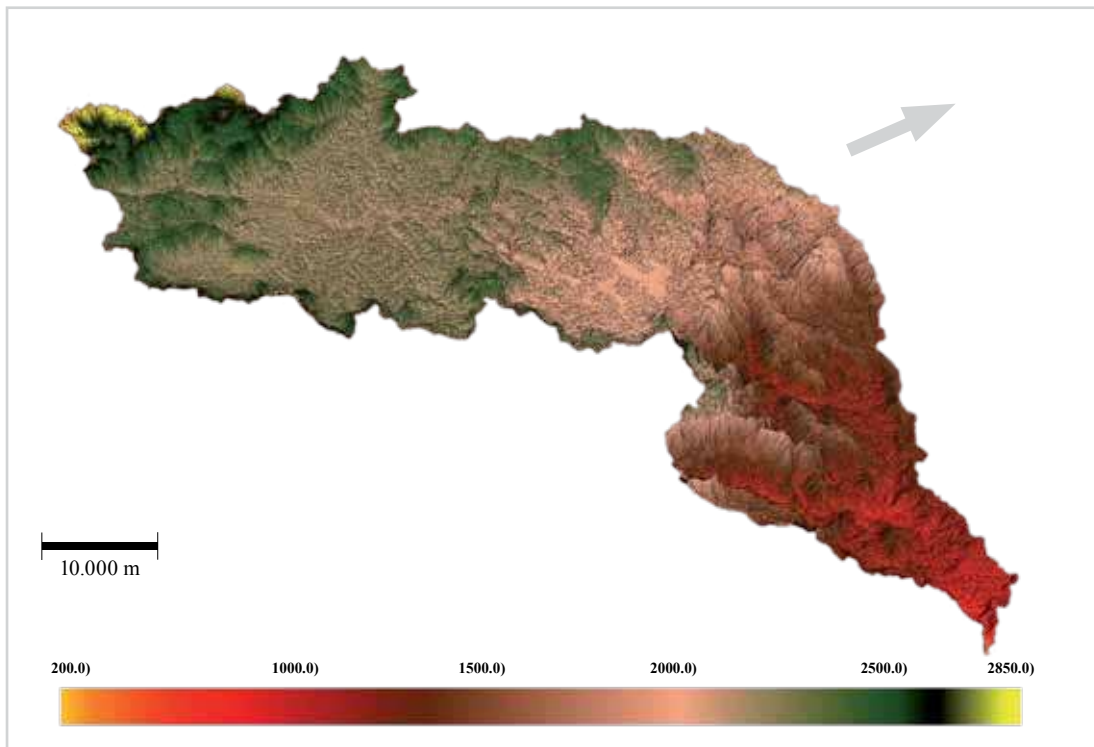


Figura 2.10.

Estructura escalonada del relieve en la cuenca del río Negro-Nare. La cuenca del río Negro-Nare se encaja en el flanco oriental de la Cordillera Central y ocupa la mayor parte de su rango altitudinal. A la escala de este flanco y de las cuencas en él encajadas se hace evidente la estructura escalonada del relieve producida por un sistema de altiplanos separados por escarpes y por un altiplano inferior afectado por dislocaciones tectónicas asociadas con movimientos verticales en el sistema de falla Palestina. Los peldaños más altos son a su vez los más extensos, especialmente aquellos donde se ubica la población de Rionegro y el embalse de El Peñol.



Cuenca del río Negro-Nare

La cuenca del río Negro-Nare presenta una extensión de 2.276,5 km², la altura mínima es de 248 msnm y su altura máxima es de 3.105 msnm; el histograma de la figura 2.11 se ha segmentado en rangos de 82 m. De acuerdo con la figura es posible diferenciar cinco rangos de valores máximos, los cuales se presentan en la tabla 2.6.

De acuerdo con la tabla 2.6, el escalonamiento del relieve se extiende a través de todo el flanco oriental de la cordillera Central; las áreas más extensas, con variación menor en la altitud (menos de 80 m) se presentan al occidente del embalse del Peñol mientras que en la parte oriental las áreas son de menor extensión.

Cuenca del río Murri

La cuenca de drenaje del río Murri, encajada en la vertiente occidental de la cordillera Occidental, posee una extensión de 3.439,1 km²; la altitud mínima registrada se encuentra entre los 8 y los 11 msnm y la altitud máxima es de 3.942 msnm en un punto localizado en el páramo de Frontino. En el histograma de la altitud se pueden diferenciar tres máximos mayores, dos de ellos con rango altitudinal relativamente amplio, los cuales se listan en la tabla 2.7.

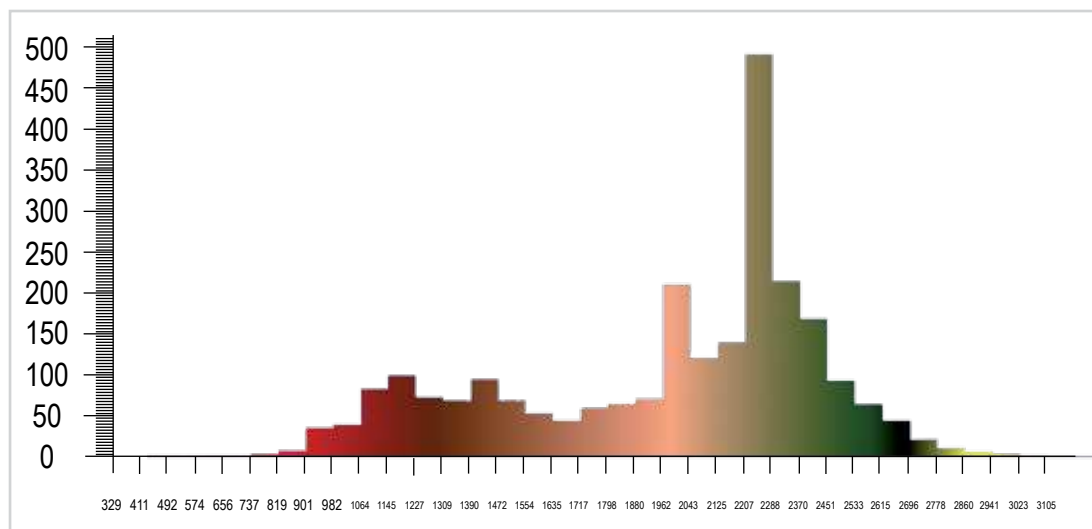
El escalonamiento del relieve en la cuenca del río Murri es de características diferentes al identificado para la cuenca del río Negro-Nare en la cara oriental de la cordillera Central.

En este caso se trata de tres niveles bien diferenciados. El nivel inferior corresponde al relieve de acumulación reciente del río Murri, constituido por la llanura aluvial y algunas terrazas bajas ubicadas entre los 8 y los 30 msnm y por un sistema numeroso de abanicos aluviales escalonados que se ubican desde los 30 msnm hasta los 120 msnm. Algunos abanicos aluviales más antiguos y densamente disecados se ubican a 180 msnm pero su extensión es muy reducida.

Inmediatamente al oriente de esta zona se presenta una cuchilla estrecha y alargada de dirección N15°O, modelada en las rocas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis (Ingeominas, 1997).

Figura 2.11

Histograma de altitud en la cuenca del río Negro-Nare. A la escala espacial de la cuenca de drenaje y de flanco de cinturón cordillerano la estructura escalonada del relieve se torna más evidente de tal manera que sus histogramas de altitud presentan una estructura multimodal bien definida. Los altiplanos más extensos se localizan a mayor altitud; el histograma muestra claramente la diferencia entre los escalamientos de la parte inferior y de la parte superior del flanco oriental de la Cordillera Central.





Esta cuchilla se levanta desde los 300 msnm hasta alcanzar una altitud máxima de 1.200 msnm para posteriormente descender al oriente hasta los 600 msnm.

Al oriente de esta cuchilla se presenta una zona bastante amplia en la cual la variación de la altitud va desde los 600 msnm para las zonas más bajas hasta los 850 a 1.100 msnm para las partes más altas. Este corredor, de dirección N15°O, se extiende desde la población de Murri en el norte hasta una zona al sur de la población de Mandé. El corredor Murri-Mandé está modelado básicamente por dos unidades litológicas que conforman dos franjas paralelas: el batolito de Mandé al occidente y las rocas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis al oriente. En la parte más oriental de este corredor se presentan sistemas escalonados de abanicos aluviales recientes y antiguos, resultado de una depositación abundante de las corrientes que descienden desde el eje de la cordillera.

Entre los 1.100 y los 1.650 msnm se presenta un escarpe muy amplio, con una disección densa y profunda, en la que los desniveles altitudinales para distancias cortas son pronunciados.

Tabla 2.5
Intervalos de altitud, áreas y porcentajes del Triángulo montañoso tropical.

Rango altitudinal (msnm)	Área (km ²)	% respecto a TMT
1091-1312	806 km	13.1
1312-1534	828 km	13.4
1534-1755	752 km	12.2

Tabla 2.6
Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cuenca río Negro-Nare

Rango altitudinal (msnm)	% respecto al área de la cuenca	Extensión (km ²)	Localización
983-1064	4.1	92.3	
1228-1309	3.9	87.9	Sector de los embalses de Playas y Jaguas
1799-1881	8.6	195.7	Altiplano “Embalse del Peñol”
2044-2125 2125-2207	20.1 8.8	458.5 199.8	Altiplano de Rionegro Altiplano de Rionegro
2534-2615	0.8	19.3	Parte del altiplano de Santa Elena

Tabla 2.7
Intervalos de altitud con mayor expresión areal en la cuenca del río Murri.

Rango altitudinal (msnm)	% respecto al área de la cuenca	Extensión (km ²)	Localización
1-114	4.5	156.6	Llanura aluvial de la cuenca inferior y sistema escalonado de abanicos de piedemonte.
677-789 789-902	6.1 7.0	209.4 241.	Región de Murri-Mandé en la parte media de la cuenca.
1690-1803 1803-1915 1915-2027 2027-2140 2140-2253	3.4 4.7 5.2 5.4 5.1	115.8 160.4 177.4 185.7 175.4	Zona del relleno aluvial de las corrientes mayores en el eje de la cordillera y las partes bajas y medias de las cuencas.

A partir de la corona irregular de este escarpe se desarrolla un sistema de valles amplios y de gradientes longitudinales suaves, encajados en la zona del eje central de la cordillera; los valles más importantes corresponden a los ríos Encarnación, Urrao, Penderisco y Pabón. Las diferencias altitudinales

Figura 2.12.

Estructura escalonada del relieve en la cuenca del río Murri. La cuenca del río Murri se encaja en el flanco occidental de la Cordillera Occidental y ocupa todo su rango altitudinal, desde la divisoria regional de aguas con el cañón del río Cauca hasta su desembocadura en el río Atrato. La imagen muestra la distribución de la altitud en tres rangos principales que cubren la mayor parte de la cuenca, a saber: una zona superior localizada al occidente correspondiente a las cuencas de los ríos Penderisco, Pabón, Urrao y Encarnación (en tonalidades de azul claro); una zona intermedia correspondiente al corredor entre las poblaciones de Murri y Mandé (en color verde-esmeralda) y una zona inferior correspondiente a la zona de piedemonte entre la zona anterior y la llanura aluvial del río Atrato (en amarillo).

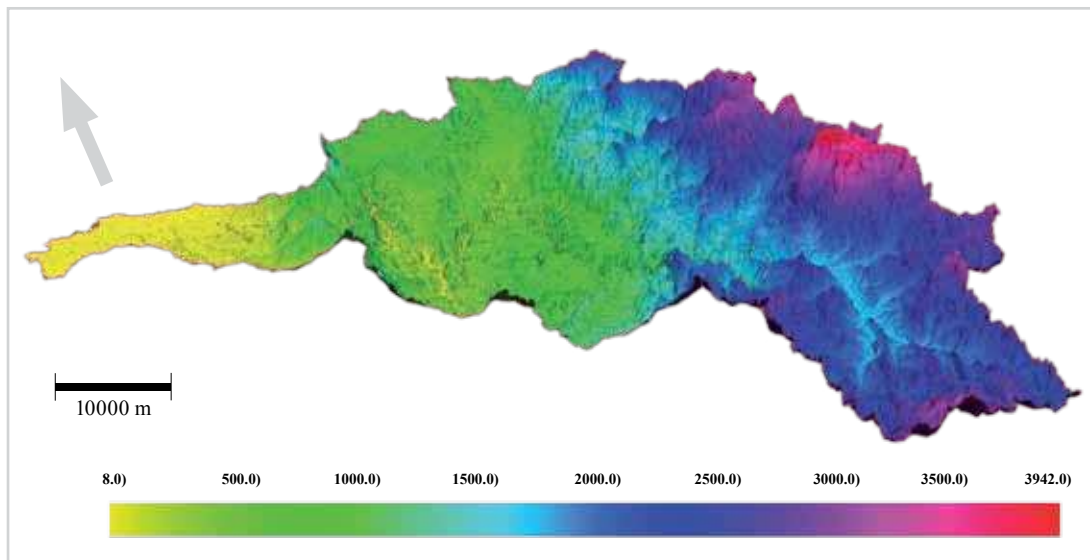
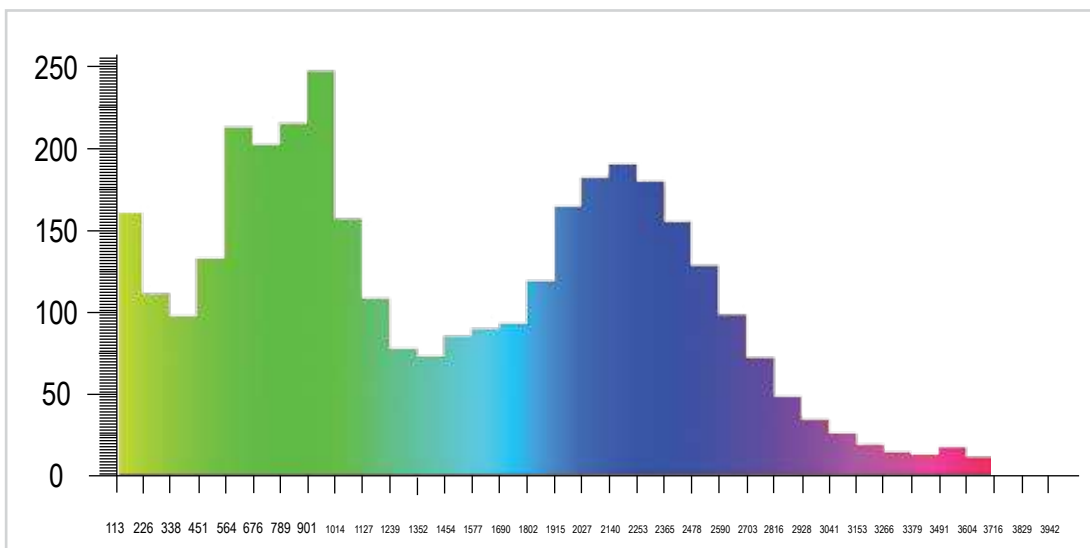


Figura 2.13.

Histograma de altitud en la cuenca del río Murri. El histograma multimodal expresa bien la estructura del relieve del flanco occidental de la Cordillera Occidental de acuerdo con esta configuración, la estructura mórfica de la cordillera al sur del lineamiento geográfico de los ríos Tonusco-Sucio corresponde a dos segmentos cordilleranos paralelos con geologías muy diferentes y separados por fallas. Esta estructura cortical presenta expresión mórfica muy marcada evidente en el histograma de la altitud. Un máximo de menor extensión en la parte inferior del rango altitudinal corresponde a la zona de piedemonte de la cuenca y otro máximo pequeño en la parte superior del rango (en fucsia) representa las zonas aplanadas en el páramo de Frontino (o páramo del Sol).





dentro de este peldaño son relativamente altas comparadas con las de los otros dos peldaños e incluso con aquéllos de la cordillera Central. Este peldaño está rodeado por un corredor discontinuo de terrenos que se ubica por encima de los 2.400 msnm hasta alcanzar altitudes arriba de los 3.500 msnm.

Los peldaños altitudinales diferenciados para la cuenca del río Murri están modelados en tipos de rocas diferentes y los escarpes que los separan coinciden con las zonas de falla más importantes identificadas en la cordillera (Ingeominas, 1997).

2.3 Análisis

2.3.1 Distribución espacial de la altitud

De acuerdo con la información precedente, la distribución espacial de la altitud en el departamento de Antioquia presenta varias características principales.

Las zonas de piedemonte lateral hacia los valles de los ríos Atrato y Magdalena se ubican a diferentes niveles altitudinales, más bajo para el caso del río Atrato. El desnivel altitudinal para el valle del río Atrato en jurisdicción del departamento es de 23 a 25 m, para el río Magdalena es de 87 m y para el río Cauca es de 480 m, aproximadamente.

La llanura aluvial del río Atrato se ubica a nivel del mar en el sector del golfo de Urabá y alcanza los 23 msnm en la zona de la desembocadura del río Arquía.

Esta posición altitudinal favorece el desarrollo de una llanura aluvial muy amplia y continua y un sistema numeroso de abanicos aluviales escalonados, bien desarrollados en la zona donde el río Murri tributa hasta el río Atrato. Los niveles más bajos, en este sector, se ubican de los 30 a los 50 msnm y los niveles más elevados desde los 200 msnm hasta los 340 msnm. Este desnivel altitudinal de 300 m aproximadamente constituye un referente de la magnitud de los desplazamientos verticales tectónicos en esta parte del piedemonte durante una parte del Cuaternario.

En la región de Urabá, en la zona del eje bananero, se presenta otra configuración del relieve de piedemonte de acumulación. Entre los ríos Atrato y León se presenta una franja amplia de llanura aluvial permanentemente inundada localizada a nivel del mar. Al oriente del río León se desarrolla un relieve de piedemonte que se ubica entre los 10 y los 22 msnm en las partes distales y entre los 20 y los 40 msnm en las partes proximales. Los remanentes de niveles antiguos de abanicos, asociados con un relieve colinado adyacente a la Serranía de Abibe, se localizan entre 40 y 65 msnm.

En el sector de Mutatá, en la que el río Sucio pasa de un cañón a la zona de piedemonte, las zonas de acumulación más bajas se localizan entre los 70 y los 90 msnm mientras que los depósitos de abanicos aluviales más altos se encuentran entre los 320 y los 400 msnm.

En la zona del eje bananero el relieve de piedemonte se encuentra a menor altitud en su parte norte y a mayor altitud en su parte sur.

La distribución altitudinal en el piedemonte oriental de la cordillera Central y en el valle de río Magdalena es bastante diferente respecto de la del valle del río Atrato.

Al sur de Puerto Nare, el relieve de piedemonte está constituido por cuatro niveles de abanicos, con una estructura escalonada bien preservada y densamente disectados, localizados desde 233 hasta 267 msnm, 195 hasta 218 msnm, 169 hasta 182 msnm y 136 hasta 155 msnm. Las llanuras aluviales de las corrientes tributarias que descenden por la vertiente oriental de la cordillera Central se localizan desde 137 hasta 158 msnm.



Entre Puerto Berrío y Yondó el nivel de abanicos disectados se reduce a dos: uno localizado entre los 139 y los 150 msnm y el otro entre los 87 y los 108 msnm. La presencia de un abanico aluvial reciente no disectado que se continúa sin ruptura de continuidad con las llanuras aluviales se ubica entre los 78 y los 93 msnm.

En este sentido, los terrenos más bajos en el valle del río Magdalena se localizan desde unos 60 hasta unos 140 metros por encima del nivel más bajo del río Atrato.

En este piedemonte, el sistema escalonado de abanicos está modelado en los sedimentos de la formación Mesa (Ingeominas, 1997). Si se tiene en cuenta que las colinas más altas modeladas en estos materiales se localizan hacia los 300 a 320 msnm, es factible suponer desplazamientos verticales del orden de los 230 a los 240 metros desde el Plioceno, edad estimada para esta formación según la mayoría de autores que han estudiado estos materiales (Ingeominas, 2001).

Los desplazamientos verticales de naturaleza tectónica, asociados con el sistema de falla Palestina, generan un sistema de bloques tectónicos basculados en la parte más oriental de la cordillera Central y un régimen de carácter denudativo en la zona de piedemonte, responsable del relieve colinado allí predominante.

Este régimen tectónico y denudativo parece haber sido más vigoroso en la zona al sur de la población de Puerto Nare.

El cañón del río Cauca, aguas arriba de Puerto Valdivia, constituye la otra unidad geomorfológica mayor que marca el nivel base lateral de referencia para ambas cordilleras. Se ubica a una mayor altitud respecto a los dos valles antes mencionados. En la tabla 2.8 se indica la posición altitudinal de algunos sitios adyacentes al cauce del río entre Puerto Valdivia al norte y La Pintada al sur.

El cañón del río Cauca se ubica entre 115 y 500 metros por encima del nivel del valle del río Atrato y entre 47 y 446 metros por encima del nivel del valle del río Magdalena. A diferencia de ambos valles, en el cañón predomina un régimen de denudación y de incisión fluvial vigorosa con posterioridad a la depositación de la formación Combia, régimen que continua activo actualmente.

No existen áreas de extensión considerable asociables con los relieves de piedemonte que se desarrollan hacia los ríos Atrato y Magdalena; la presencia de relieves de acumulación de extensión modesta se pueden identificar en dos sectores: el primero entre las poblaciones de Santa Fe de Antioquia, Sopetrán y San Jerónimo y el segundo más al sur, entre La Pintada y Bolombolo.

La ausencia de relieves de acumulación reciente (Cuaternario) de extensión significativa, desarrollados a partir de la denudación de los flancos cortos de ambas cordilleras, constituye un referente importante que debe tenerse presente para comprender la evolución del relieve del departamento.

Ubicación del Sitio	Altitud (msnm)
Puerto Valdivia	125
Puente Pescadero	307
Deslizamiento Guasito	381
Desembocadura de la quebrada Juan García (Liborina)	447
Puente Real (Santa Fe de Antioquia)	470
Bolombolo	536
La Pintada	604

Tabla 2.8

Ubicación altitudinal de sitios adyacentes al cauce del río Cauca.



Existe una relación directa entre la posición altitudinal de las zonas de piedemonte y la estructura y dinámica del relieve en estas zonas. En el piedemonte al valle del Atrato se combinan una sedimentación continuada durante el Cuaternario y una actividad tectónica de levantamientos responsable de un sistema escalonado de abanicos aluviales.

En el piedemonte al valle del río Magdalena existe el registro de una sedimentación fluvial y fluvio-volcánica durante el Terciario tardío (Mioceno- Plioceno), la cual, fue afectada por levantamientos tectónicos durante el Cuaternario. Este tránsito de un régimen de sedimentación a otro de dislocaciones tectónicas permite concluir la existencia de un régimen de denudación predominante, en esta parte, durante gran parte del Cuaternario.

2.3.2 Asimetría en la distribución espacial de la altitud y estructura escalonada del relieve

Los cinturones cordilleranos en Antioquia (cordilleras Central y Occidental) presentan una asimetría pronunciada en la distribución espacial de la altitud. Los ejes de simetría de ambos corredores no coinciden con la línea de mayor altitud, es decir, con la divisoria regional de aguas. Esta situación da origen a la existencia de unos flancos o vertientes cordilleranas con características contrastantes.

El flanco oriental de la cordillera Central posee una amplitud de 108 a 147 km mientras que el flanco occidental sólo alcanza los 17 a 39 km. La gradiente altitudinal en la vertiente occidental es muy pronunciada comparada con la de la vertiente oriental. Mientras en la primera se presenta una variación continua desde la divorsia regional de aguas hasta el fondo del cañón del río Cauca, en la vertiente oriental se configura un sistema escalonado del relieve con zonas extensas, en las que la variación altitudinal es modesta, y franjas estrechas, en las que la variación altitudinal es pronunciada. En la vertiente oriental se presenta un sistema de cinco niveles bien diferenciados.

La configuración mórfica para la cordillera Occidental, al sur de la falla de Uramita, se asemeja a la anterior. El flanco oriental presenta una amplitud de 22 a 30 km mientras que el flanco occidental alcanza de 88 a 105 km; en este último, el escalonamiento consiste en tres peldaños bastante amplios separados por corredores escarpados.

De esta manera, ambas cordilleras en Antioquia corresponden a segmentos cordilleranos basculados, la cordillera Central al oriente y la cordillera Occidental al oeste. Tomados en conjunto configuran una unidad mayor de relieve, con un eje de simetría regional que coincide con el eje longitudinal de cañón del río Cauca.

2.3.3 Relieve del Triángulo montañoso tropical (TMT)

La distribución espacial de la altitud permite delimitar un bloque cordillerano de forma triangular en la parte norte de ambas cordilleras, delimitado por la falla de Uramita al suroeste, la falla del Espíritu Santo al noreste y la zona del piedemonte frontal al norte. Dentro de este bloque, las diferencias altitudinales para distancias horizontales cortas (1.0 km) son muy pronunciadas. Igualmente, no se presenta, a la escala del bloque, la estructura escalonada de relieve identificada en los flancos principales de ambas cordilleras.

La distribución altitudinal en el TMT puede interpretarse como una modificación de la estructura escalonada que presenta la cordillera Occidental al sur de la falla de Uramita; esta modificación, a manera de hipótesis, puede ser el resultado de una incisión vertical fuerte en respuesta a un levantamiento vigoroso y relativamente reciente en este sector de la cordillera. Desde el punto de vista geomorfológico es más factible la transformación de una estructura escalonada para obtener una distribución unimodal de la altitud que el proceso inverso.



2.4 Conclusión

Las tierras bajas de los relieves fluviales de los ríos Atrato y Magdalena (llanuras aluviales y terrazas) y las zonas de piedemonte de ambas cordilleras se localizan por debajo de los 120 a 150 msnm.

El cañón del río Cauca, aguas arriba de Puerto Valdivia, se ubica en un nivel altitudinal superior respecto a los dos valles interandinos mayores. Las diferencias en la posición altitudinal de estos valles explica en gran parte la dinámica actual y pasada (Terciario superior) de estos sistemas fluviales.

La distribución espacial de la altitud constituye una variable cuantitativa importante para establecer una zonificación morfoestructural de los piedemontes y de los cinturones cordilleranos. Las distribuciones identificadas permiten establecer la siguiente zonificación:

- El segmento cordillerano de la cordillera Occidental al sur de la falla Uramita, correspondiente a un bloque tectónico basculado al oeste. La vertiente occidental de este segmento presenta una estructura escalonada con tres niveles bien definidos, cada uno de ellos con litologías bien diferenciadas y separados por estructuras tectónicas (fallas).
- El segmento de la cordillera Central en jurisdicción del departamento corresponde a otro bloque tectónico, basculado al oriente y con una estructura escalonada más compleja en su vertiente oriental. La mitad occidental de esta vertiente consiste en un sistema escalonado de altiplanos separados por escarpes regionales erosivos mientras que la mitad oriental corresponde a bloques tectónicos delimitados por fallas y con movimientos verticales diferenciales entre ellos.
- En la parte norte de ambas cordilleras se delimita el Triángulo montañoso tropical (TMT), una zona con una distribución unimodal de la altitud, en el cual las diferencias altitudinales en distancias relativamente cortas son muy pronunciadas.

Los valles interandinos de los ríos Atrato, Cauca y Magdalena se localizan a diferentes niveles altitudinales.

El valle del río Atrato presenta una llanura aluvial muy amplia y una zona de piedemonte bien desarrollada con un sistema de abanicos aluviales. Ambos relieves se localizan por debajo de los 70 msnm.

En el valle del río Magdalena se presenta un mosaico de relieves; de una parte, algunos de acumulación reciente, correspondientes a las llanuras aluviales y terrazas del río principal y sus afluentes; de otra parte, un sistema escalonado de abanicos aluviales antiguos, muy disectados, que dan origen a relieves colinados modelados en las rocas sedimentarias de la formación Mesa. La presencia de sistemas de abanicos aluviales se restringe a zonas muy locales y la zona de piedemonte en este sector se encuentra en un régimen de disección, posiblemente asociado con la actividad tectónica del sistema de falla de Palestina.

La morfología para el caso del río Cauca es la de un cañón estrecho y profundo. En la mayor parte de su recorrido está ausente una llanura aluvial y cuando se presenta es discontinua y de amplitud modesta. A diferencia de los valles de los ríos Atrato y Magdalena, presenta una gradiente longitudinal pronunciada. De acuerdo con la distribución altitudinal, el régimen fluvial dominante en este cañón es un proceso eficiente de transporte y de incisión fluvial, lo cual contrasta con el régimen de los otros dos ríos.

Los histogramas de altitud de carácter polimodal para varias regiones del departamento expresar la existencia de una estructura escalonada del relieve con zonas extensas dentro de las cuales las diferencias altitudinales no superan los 100 a 150 metros, separadas por franjas alargadas y estrechas



dentro de las cuales se presentan diferencias altitudinales pronunciadas, superiores a los 300 a 400 metros.

Tanto de la visualización directa como de los respectivos histogramas se deduce que la estructura escalonada del relieve se puede identificar en las escalas de departamento, cordillera y cuenca mayor. Sin embargo, es en la escala de las cuencas mayores encajadas en los flancos de ambas cordilleras en donde el escalonamiento se hace más evidente.

Existe una relación espacial clara entre la separación de las franjas de terreno localizadas por encima de los 3.000 msnm en ambas cordilleras y la morfología del cañón del río Cauca. Al norte de la población de Liborina, en donde la separación es menor a los 32 km, el cañón es bastante estrecho y con vertientes muy largas e inclinadas que descienden hasta el lecho del río mientras que al sur de la población de Santa Fe de Antioquia, en donde la separación de ambas franjas aumenta desde los 37 km hasta los 75 km, se presenta un relieve de colinas altas escalonadas en las partes media e inferior del cañón.

Las tierras localizadas por encima de los 3.000 msnm conforman dos franjas paralelas localizadas hacia las coronas del cañón del río Cauca; estas franjas están constituidas por 35 zonas, 23 de ellas en la cordillera Occidental y 12 en la cordillera Central. La altitud máxima promedia para las zonas de la cordillera Occidental es de 3.211 msnm mientras que para la cordillera Central es de 3.207 msnm.

La altitud máxima en la cordillera Central es de 3.369 msnm en el páramo de Belmira. Para la cordillera Occidental, nueve zonas se ubican en altitudes por encima de los 3.373 msnm. El punto más elevado del departamento se encuentra en los Farallones del Citará, a 3.969 msnm.

3. Distribución espacial del relieve relativo

3.1 Introducción

El concepto de relieve relativo (RR) o relieve local referencia el desnivel altitudinal entre las líneas de divisorias de aguas y las redes de drenaje para una zona dada. El relieve relativo es por lo tanto una variable espacial pertinente para tener una idea acerca del grado de disección del relieve.

Con base en el grado de disección, las formas de un terreno se pueden clasificar como:

Zonas planas: aquellas que presentan disección mínima y en consecuencia los canales de las redes de drenaje y sus interfluvios se localizan aproximadamente al mismo nivel.

Zonas onduladas: están conformadas por una sucesión sistemática de concavidades y convexidades de amplitud (ancho) variable. En estos casos, el relieve relativo referencia el desnivel altitudinal entre los ejes de concavidades y convexidades contiguas.

Zonas colinadas: están conformadas por un mosaico de valles y colinas. El relieve relativo en estos casos corresponde al desnivel altitudinal entre la cima de las colinas y el fondo de los valles, ya sean valles de fondo plano o valles “en V”.

En estas zonas, los valores de relieve relativo se pueden traducir en términos cualitativos y de este modo diferenciar entre colinas bajas, intermedias, altas y muy altas.

Los valores de relieve relativo en los terrenos colinados tienden a presentar una gran diversidad, lo cual no descarta la existencia de rangos de variación muy estrechos para zonas muy amplias.

Las zonas profundamente disectadas: una disección vigorosa y persistente en el tiempo genera desniveles altitudinales mayores a escalas local o regional y en consecuencia los valores de relieve relativo serán altos.

Una característica del relieve montañoso es el despliegue de valores de relieve relativo muy altos. Sin embargo, este atributo no es exclusivo de este tipo fisiográfico; los escarpes pronunciados de fallas y acantilados y los flancos laterales de cañones profundos encajados en superficies de erosión levantadas presentan igualmente valores muy altos de relieve relativo.

Es necesario diferenciar entre relieve montañoso y relieve profundamente disectado, diferencia que cobra especial importancia para comprender la morfología del relieve del departamento de Antioquia.

Los valores de relieve relativo obtenidos dependen de la naturaleza de la información empleada (mapas topográficos, modelos digitales de elevación o MDE), de la escala y equidistancia de las curvas de nivel, de la resolución espacial de los MDE y de los procedimientos empleados para calcularla.

El mapa de relieve relativo para el departamento de Antioquia se elaboró con base en imágenes SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con resolución espacial de 30m, a las cuales previamente se les hicieron ajustes y correcciones para “llenar” aquellos píxeles sin información altitudinal. Para que el valor de relieve relativo corresponda al desnivel altitudinal entre divisorias de aguas y redes de drenaje es necesario tener una idea previa de los valores de densidad de drenaje, el espaciamiento entre corrientes y la longitud de las vertientes.

Después de realizados estos chequeos se seleccionó una matriz de muestreo o kernel de 33 x 33 píxeles que representa aproximadamente 1.0 km² de terreno. Con la ayuda del sistema de información geográfica GRASS (Geographic Resources Analysis and Support System) se calcularon las altitudes máxima y mínima y la diferencia altitudinal se asignó al píxel central de la matriz de muestreo. Este procedimiento se aplicó a todo el archivo raster del departamento de Antioquia.

Una matriz de muestreo de 1.0 km² puede ser excesivamente grande para explorar los patrones de distribución espacial del relieve relativo en terrenos con un relieve de colinas bajas y con densidad de drenaje muy alta en el cual el espaciamiento entre corrientes sea menor de 500 m. Sin embargo, la misma matriz puede ser la mínima indispensable para explorar adecuadamente un terreno montañoso.

3.2 Distribución espacial

En la figura 3.1 se presenta la distribución espacial del relieve relativo para el departamento de Antioquia. La tabla 3.1 indica los rangos de valores de relieve relativo empleados y sus respectivos equivalentes morfológicos. Para la elaboración de la tabla se hizo una exploración previa de los desniveles altitudinales para diferentes zonas del departamento en las que el autor tiene conocimiento de campo.

En la tabla 3.1 no se incluye el relieve ondulado porque su expresión en la jurisdicción del departamento se restringe a zonas muy locales en el altiplano de Santa Rosa de Osos y en el piedemonte frontal de las cordilleras Occidental y Central.

Se emplea el término “relieve con disección profunda” para evitar algunas confusiones que puedan generarse si se emplean los términos “relieve montañoso bajo”, “relieve montañoso intermedio” y “relieve montañoso pronunciado”. La definición de un relieve montañoso requiere otros referentes adicionales al de relieve relativo para su definición adecuada.

En la tabla 3.2 se indican la extensión de cada una de las unidades y el peso porcentual respecto de la extensión de la jurisdicción departamental.

De acuerdo con la información precedente se pueden establecer un conjunto de apreciaciones respecto de los patrones de disección en el departamento.

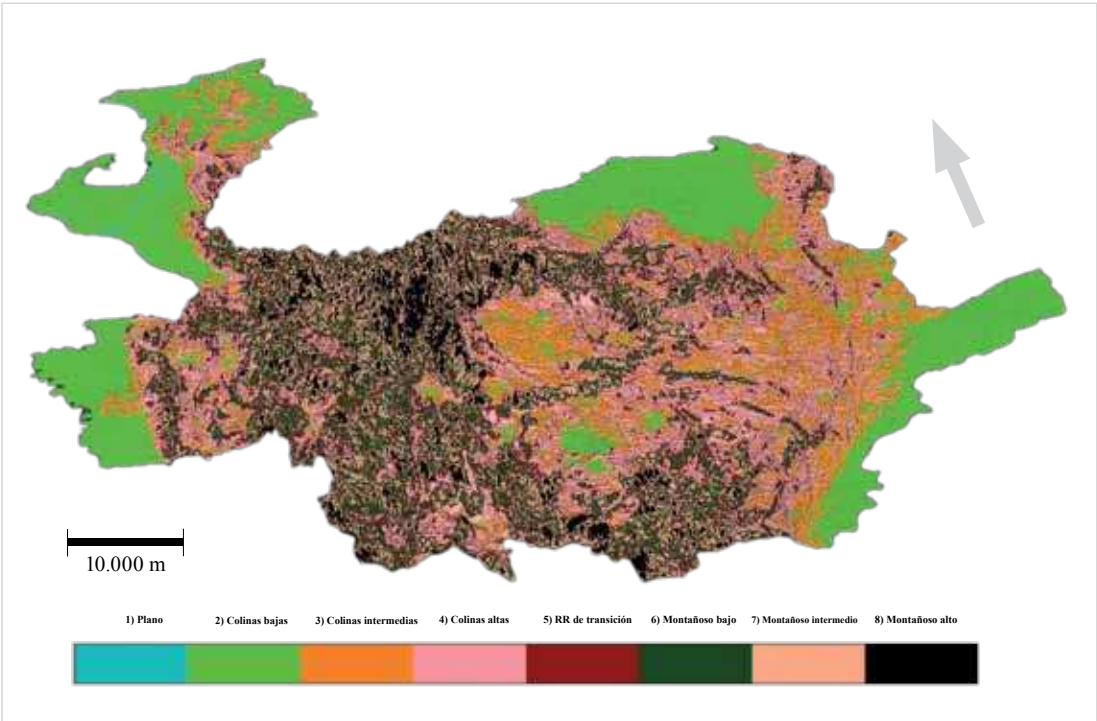


El relieve relativo predominante a la escala departamental corresponde a los relieves colinados, con un 66.8% de la jurisdicción, mientras los relieves con disección profunda representan el 26.1%. Este hecho contrasta con un imaginario geográfico heredado que presupone el predominio de relieves montañosos para el departamento de Antioquia.

Tabla 3.1
Valores de relieve relativo y su equivalente morfológico.

Valor de relieve relativo (RR)	Descripción morfológica
0-10	Zonas planas extensas; sistemas de terrazas; sistema escalonado de abanicos aluviales y colinas masivas, amplias y muy bajas.
10-75	Colinas bajas
75-150	Colinas intermedias
150-300	Colinas altas
300-350	Transición entre relieves colinados y relieves con disección profunda
350-450	Relieve con disección profunda baja
450-600	Relieve con disección profunda intermedia
600-1200	Relieve con disección profunda pronunciada

Figura 3.1.
Distribución espacial del relieve relativo en el departamento de Antioquia. El relieve relativo o relieve local referencia las diferencias de altitud entre las divisorias de aguas y los corredores de las redes de drenaje en un sector dado. Los valores obtenidos permiten diferenciar la estructura del relieve en diferentes tipos, a saber: relieves planos, ondulados, colinados y relieves de disección profunda. La figura muestra un contraste claro en los tipos de relieves predominantes en las cordilleras Central y Occidental; en la primera predominan los relieves colinados mientras en la segunda predominan los relieves de disección profunda. Los valores de relieves relativos más altos se presentan en las zonas del cañón del río Cauca, especialmente al norte de la población de Santa Fe de Antioquia. En las zonas de piedemonte predomina un relieve de colinas bajas.





3.2.1 Zonas planas de extensión variable

Los terrenos planos y extensos y aquéllos con un relieve relativo menor a los 25m/km² se localizan en el piedemonte occidental de la serranía de Abibe, en la subregión del eje bananero y en las llanuras aluviales de los ríos León y Atrato. Otra zona de extensión mayor corresponde al piedemonte occidental de la cordillera Occidental entre el río Murindó al norte y el río Arquía al sur y la llanura aluvial del río Atrato.

Otras zonas planas de menor extensión están asociadas con las llanuras aluviales y los sistemas de terrazas de algunas corrientes mayores que discurren por las zonas de piedemonte. En el piedemonte frontal, en la región del Bajo Cauca:

- A lo largo del río Cauca entre las poblaciones de Caucasia y Nechí.
- A lo largo del río Nechí entre las poblaciones de El Bagre y Nechí.
- En corredores discontinuos a lo largo de los ríos Tarazá y Man.

En la subregión del norte de Urabá corresponden a una franja estrecha y continua asociada con la franja litoral desde Turbo hasta Arboletes y con las llanuras aluviales de los ríos San Pedro y San Juan.

En el piedemonte oriental de la cordillera Central, las zonas planas son de poca extensión y corresponden a la llanura aluvial del río Magdalena y de algunos de sus tributarios mayores por la margen izquierda.

En los cinturones cordilleranos Central y Occidental, las zonas con este tipo de relieve relativo presentan extensión menor entre 1 y 2 km² y unas pocas zonas pueden alcanzar hasta los 3 a 5 km² en:

- El valle del Chaquenodá, el sector de la población de Murri y la confluencia de los valles de los ríos Pabón y Penderisco en la cordillera Occidental.
- El sector de Santa Fe de Antioquia-Sopetrán-San Jerónimo y el sector de La Pintada Bolombolo en el cañón del río Cauca.
- El sector del embalse del Peñol, el fondo plano del valle de Aburrá, el valle de Ovejas, Llanos de Cuivá y sectores en los altiplanos de Rionegro y La Unión.

Tabla 3.2
Extensión y distribución porcentual del relieve relativo en el departamento de Antioquia.

Descripción Morfológica	Extensión (km ²)	Porcentaje respecto a la extensión departamental
Zonas planas extensa	259.7	0.4
Colinas bajas	15179.2	24.2
Colinas intermedias	10857.0	17.3
Colinas altas	15878.0	25.3
Transición entre relieves colinados y relieves con disección profunda	4213.2	6.7
Relieve con disección profunda baja	7412.2	11.8
Relieve con disección profunda intermedia	6727.3	10.7
Relieve con disección profunda pronunciada	2300.4	3.6



3.2.2 Relieve colinado

Un relieve colinado de colinas bajas ocupa la parte proximal de las zonas del piedemonte occidental de la cordillera Occidental y la serranía de Abibe.

El relieve del piedemonte frontal andino y el piedemonte oriental de la cordillera Central consiste en un mosaico de colinas intermedias y bajas y franjas de relieve plano asociadas con los rellenos aluviales recientes de las corrientes principales.

En la subregión del norte de Urabá, un sistema complejo de colinas estructurales constituye el testimonio mórfico de procesos de plegamiento (sinclinales y anticlinales) que afectan a las rocas sedimentarias de las formaciones Floresanto-Maralu, Paujil y Corpas del Neógeno (Ingeominas, 1997). Las deformaciones neógenas y cuaternarias en este sector y la respuesta de la disección fluvial dar origen a un sistema colinado complejo de colinas altas, intermedias y bajas que cambian hacia el sur a relieves de transición e incluso a relieves de disección profunda.

Un relieve colinado de colinas intermedias y altas predomina en la mayor parte del flanco oriental de la cordillera Central. El límite de este flanco con sus piedemontes oriental y frontal corresponde al tránsito geomorfológico de colinas bajas a un mosaico de colinas intermedias y altas.

Desde los 250 a los 300 msnm en las partes bajas del flanco oriental hasta alcanzar los 3.200 a 3.369 msnm en sus partes más altas, un sistema colinado en el que predominan las colinas intermedias y altas y, en menor proporción, las colinas bajas, definen el relieve dominante en este sector.

Un sistema de franjas de terreno, estrechas y alargadas con relieve de disección profunda, interrumpe localmente la continuidad del relieve colinado en este flanco.

En la cordillera Occidental, el relieve colinado ocupa tres zonas diferentes:

- Las partes más internas y elevadas de los piedemontes occidental y frontal.
- El corredor Murri-Mandé.
- Las zonas adyacentes a los valles mayores localizados en el eje de la cordillera: el valle del Penderisco y el valle del río Verde-La Herradura en el norte.

En el cañón del río Cauca, el relieve colinado se localiza en sus partes bajas, aguas arriba de la población de Liborina, conformando una franja estrecha y discontinua. En los sectores de Santa Fe de Antioquia-Sopetrán-San Jerónimo y Bolombolo-La Pintada se presentan zonas de mayor extensión.

3.2.3 Relieve con disección profunda

La descripción y análisis de los relieves profundamente disectados se puede realizar a partir de dos variables: su distribución espacial y la magnitud de la disección.

La distribución espacial de zonas con este tipo de relieve se puede clasificar en cuatro tipos:

- Tipo 1: Zonas extensas y equidimensionales.
- Tipo 2: Corredores alargados amplios.
- Tipo 3: Desarrollo de dos franjas estrechas y paralelas separadas por una franja central de relieve colinado. Estas franjas presentan cambios de dirección importantes.
- Tipo 4: Franjas individuales, de amplitud variable, muy rectilíneas en algunos casos.



El tipo 1 corresponde a aquellas zonas del departamento en las cuales se configura un relieve montañoso típico.

El tipo 2 se asocia con el relieve profundamente disectado del cañón del río Cauca, aguas arriba de las poblaciones de Liborina y Santa Fe de Antioquia y con el relieve del peldaño superior de la cordillera Occidental.

El tipo 3 se asocia con los flancos de cañones lineales profundos, de mayor ocurrencia en el flanco oriental de la cordillera Central y con el tránsito transversal del río Murri por el corredor Murri-Mandé.

El tipo 4 se inscribe en contextos geológico-geomorfológicos muy diversos: corresponden a escarpes entre peldaños para la cordillera Occidental; asociados con los escarpes regionales erosivos que marcan la separación entre altiplanos; asociados con los escarpes de falla del sistema de Palestina y con los escarpes erosivos de la meseta vulcano-clástica de la formación Combia en el cañón del río Cauca.

En sentido estricto, sólo las zonas del tipo 1 presentan un patrón de relieve montañoso mientras que las zonas restantes corresponden a relieves muy disectados, asociados con el retroceso continuado de escarpes de falla (tipos 2 y 4), con los flancos de cañones lineales (tipo 3), con escarpes menores de falla (tipo 4) y con escarpes erosivos relacionados con una incisión vigorosa acompañada del retroceso de escarpes (tipo 4).

Tipo 1

Al noreste de la falla de Uramita y al noroeste de la falla del Espíritu Santo se presenta un bloque cordillerano muy extenso, de forma triangular, en el cual son comunes los valores de relieve relativo de 450 hasta 1.200 m/km². Este bloque posee una extensión del orden de los 6.200 km² y presenta un relieve montañoso tropical típico.

Este patrón de relieve consiste en un sistema muy numeroso y ramificado de cañones “en V” con una estructura de tipo fractal; los cañones de mayor amplitud y profundidad presentan formas similares a aquellos cañones de menor amplitud y encajamiento. En el fondo de los cañones predomina un régimen de erosión fluvial y transporte; por lo tanto, las zonas de acumulación son secundarias y discontinuas.

Las divisorias de agua son agudas o relativamente estrechas; las líneas de divisorias son sinuosas y expresan con ello la influencia de movimientos en masa en su modelado. Los modelados de origen glaciar son de extensión reducida y restringidos al sector del nudo de Paramillo.

Las vertientes son muy largas (900 a 2.500 m) y presentan pendientes pronunciadas. (figura 3.2).

Este patrón de relieve se configura en un contexto de levantamiento tectónico intenso y pronunciado y de una incisión fluvial vigorosa. En estas circunstancias, la mayoría de las formas denudativas y de acumulación del relieve son relativamente jóvenes; por lo tanto, la ausencia de relieves heredados es una característica importante.

A esta zona se la denomina “Triángulo montañoso tropical” (TMT). Está conformada por el segmento de la cordillera Occidental localizado al norte de la falla de Uramita y por el segmento de la cordillera Central ubicado al occidente de la falla del Espíritu Santo. En la parte norte se prolonga hasta el límite con el piedemonte frontal.

El TMT constituye una de las unidades morfoestructurales mayores en el relieve del departamento de Antioquia con identidad propia. Su característica más importante es la vigencia de un levantamiento tectónico vigoroso y un régimen de remoción muy activo. Dentro de esta unidad se encuentra el deslizamiento de Guásimo, uno de los movimientos en masa de mayor volumen en el territorio



nacional, con consecuencias geomorfológicas importantes en el relieve de las partes bajas del cañón del río Cauca.

La intensidad de los procesos de incisión fluvial ha conseguido eliminar parcialmente la estructura escalonada del relieve que persiste en las otras unidades morfoestructurales del departamento.

63

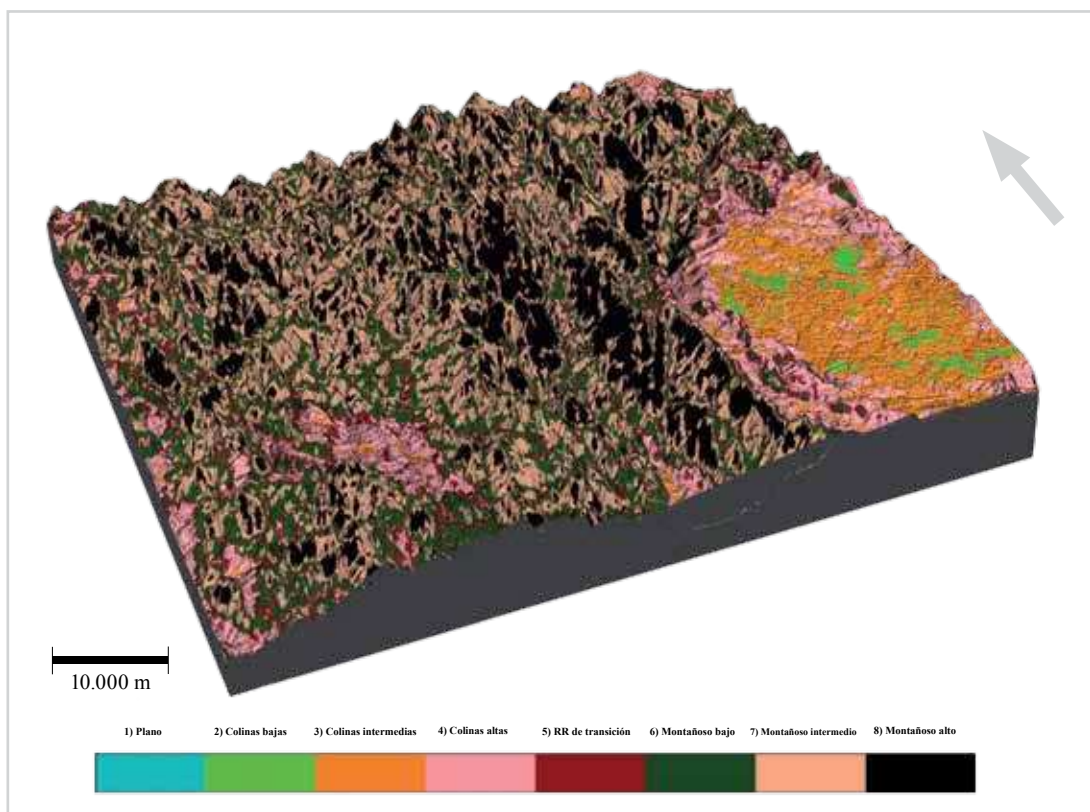
La otra zona con un patrón de relieve montañoso similar se localiza en la parte sureste del departamento, en jurisdicción de los municipios de Sonsón, Nariño y Argelia, en las cuencas altas de los ríos Samaná y Samaná Norte. Las franjas estrechas de relieve colinado a lo largo de las partes bajas de los cañones “en V” son más frecuentes en esta zona.

Tipo 2

El cañón de río Cauca, entre La Pintada y Santa Fe de Antioquia, corresponde a un corredor amplio de relieve con disección profunda.

Figura 3.2.

Distribución del relieve relativo del Triángulo Montañoso Tropical. En el TMT predominan los relieves con disección profunda con valores de relieve relativo mayores a los 350 metros. En el departamento de Antioquia varias regiones presentan relieves de disección profunda, especialmente los flancos de los cañones lineales profundos. El relieve montañoso típico se configura cuando los valores de relieve relativo superiores a 350-400 metros se presentan en todas las direcciones dentro de una región dada, éste último solo se cumple en la región del TMT y en ambos flancos de la Cordillera Central en límites con el departamento de Caldas. El relieve montañoso del TMT es el resultado de una interrelación persistente entre un levantamiento tectónico vigoroso y una incisión fluvial efectiva. A los flancos de los cañones lineales profundos de la cordillera Central resulta más pertinente denominarlos como flancos con un relieve relativo de disección profunda.



El corredor entre Liborina y San Jerónimo presenta los valores de relieve relativo más pronunciados. La relación espacial directa de este corredor con la falla de Romeral permite asociarlo con un escarpe de falla disectado y a la amplitud del cañón en este sector con un retroceso paralelo de la vertiente.

La influencia geológica, estructural y tectónica es muy marcada en la margen derecha del cañón. El control litológico se manifiesta en la presencia de terrenos elevados modelados en rocas ígneas y metamórficas y corredores deprimidos en los que se ubican las rocas sedimentarias de la formación Amagá.

El alineamiento de valles secundarios coincide con las fallas mayores del sistema Romeral.

El avance remontante de frentes de erosión desde el río Cauca es muy limitado entre Santa Fe de Antioquia y Bolombolo; sin embargo, a lo largo de los ríos San Juan, Bolívar y Barroso, en la margen occidental, y Arma, en la vertiente oriental, el avance de los frentes es significativo.

La relación espacial entre un avance remontante más pronunciado en la parte sur del cañón y el alineamiento regional N30°O de los cañones de los ríos Arma y Cauca es evidente, mas no así la posible relación causal, si existe.

En la parte superior del flanco occidental del cañón, su relieve de disección profunda se continúa sin ruptura de continuidad con relieves similares localizados en el peldaño superior de la cordillera Occidental como el páramo de Frontino y la zona del Parque de las Orquídeas.

Tipo 3

La presencia de franjas paralelas de relieve profundamente disectado, separadas por una franja central de relieves colinados, constituye un rasgo característico en el relieve de la cordillera Central. Esta distribución del relieve relativo delimita un sistema numeroso de cañones lineales que presentan direcciones muy diversas.

El cañón lineal más continuo y amplio corresponde al eje fluvial de los ríos Medellín y Porce. Este corredor se inicia en la confluencia de los ríos Nechí y Porce y se prolonga hacia el suroeste hasta la población de Bello donde se conecta con el valle de Aburrá.

Otras franjas paralelas están asociadas con los cañones lineales de los ríos Nus, Samaná Norte, Claro y Nare en la parte oriental de la cordillera y de los ríos Mata, Pocuné y Tigüí en la parte norte.

Los cañones lineales mayores de los ejes Medellín-Porce y Nus marcan discontinuidades pronunciadas en el relieve colinado del flanco oriental de la cordillera Central.

Tipo 4

Este tipo se asocia con contextos geológicos y geomorfológicos muy diversos.

En la parte oriental de la cordillera Central, las franjas estrechas, continuas y muy rectilíneas están asociadas con escarpes de falla del sistema de falla de Palestina.

Hacia la parte occidental están asociados con los escarpes regionales erosivos que separan el sistema escalonado de altiplanos.

En la cordillera Occidental, dos franjas paralelas enmarcan lateralmente el peldaño intermedio (corredor Murri-Mandé) y coinciden con fallas regionales y contactos geológicos entre unidades litológicas mayores.

Finalmente, en la parte sur del cañón del río Cauca, los corredores escarpados quedan como resultado de la incisión fluvial de la meseta vulcano-clástica asociada con la depositación de la formación Combia. Se trata de escarpes erosivos resultado de la incisión fluvial del río Cauca y del retroceso paralelo



de los escarpes; la expresión clara de ello se presenta en el trayecto entre las poblaciones de Fredonia y Jericó.

3.2.4 Relieve de las serranías

65

Dos serranías, localizadas en los extremos laterales del cinturón andino, aparecen como prolongaciones topográficas de los edificios cordilleranos. Sólo se detalla una de ellas y se deja de lado la otra (serranía de San Lucas).

Serranía de Abibe

La serranía de Abibe corresponde a una prolongación geológica y geomorfológica de la cordillera Occidental, con una dirección N30°O en su mitad sur y una dirección S-N en su mitad norte.

Se desprende de la cuchilla de Paramillo (altura máxima: 3.373 msnm) hacia los 2.928 msnm. A partir de este punto, la altitud disminuye sistemáticamente hasta alcanzar en la parte norte del cuerpo principal una altitud de 900 msnm. Su prolongación más al norte corresponde a un conjunto de cuerpos colinados desconectados, cuyas cimas se ubican entre los 450 y los 600 msnm.

En esta serranía existe una relación directa entre altitud y tipo de relieve. Para la parte sur, con altitud por encima de los 1.200 msnm, predomina un relieve profundamente disectado, de tipo montañoso.

A medida que disminuye la altitud, el relieve muy disectado se localiza en la zona del eje de simetría y la parte media y baja del flanco occidental presenta relieves colinados.

Para la mitad norte, en la cual la mayor altitud se encuentra por debajo de los 1.000 msnm, el cuerpo central de la serranía presenta un relieve de colinas altas e intermedias y las zonas laterales un relieve de colinas bajas.

La distribución en planta del relieve colinado en el extremo norte de la serranía es el resultado del control estructural marcado generado por el plegamiento de las rocas de las formaciones sedimentarias neógenas (Floresanto-Maralu, Paujil y Corpa).

La geología de la serranía en su mitad sur corresponde a las rocas del complejo volcánico Santa Cecilia- La Equis, es decir, una continuidad de la litología del flanco occidental de la cordillera Occidental. La parte media y norte está constituida por formaciones paleógenas (formación Uva) y neógenas plegadas y levantadas tectónicamente.

Desde el punto de vista geomorfológico, la serranía de Abibe constituye una especie de cinturón cordillerano menor, con un eje de simetría que coincide aproximadamente con su eje regional de divisorias de aguas. Los flancos presentan tipos de relieves similares: relieve montañoso en mitad sur y relieve colinado en su mitad norte.

La denudación e incisión fluvial vigorosa que acompaña al proceso de levantamiento tectónico da origen a una zona de piedemonte muy amplia, que se extiende desde la parte baja del flanco occidental hasta la llanura aluvial del río León. Un sistema escalonado y numeroso de abanicos aluviales levantados configura el borde interno del piedemonte.

3.3 Análisis

Los terrenos con un relieve plano o con relieve relativo menor a los 10 m/km² se restringen a las zonas de piedemonte y a los rellenos aluviales de los ríos Atrato, León y Magdalena.



El límite entre las zonas de piedemonte y la parte inferior de los flancos cordilleranos está definido por un corredor de transición entre colinas bajas-intermedias y colinas altas. Existen diferencias significativas en el tipo de relieve predominante en las zonas de piedemonte.

El piedemonte occidental de la cordillera Occidental presenta un sistema escalonado de abanicos aluviales que evidencian el predominio de un régimen de depositación continuada durante el Cuaternario. Estos depósitos han sido afectados por procesos de levantamiento tectónico, los cuales explican la posición altitudinal de algunos de ellos hacia los 300 y los 340 msnm y el desarrollo de colinas intermedias y altas en la parte proximal.

En el piedemonte oriental de la cordillera Central, los levantamientos tectónicos a través de las fallas del sistema de Palestina generan un sistema de bloques desplazados y una reactivación de la disección en la zona de piedemonte responsable del modelado de relieves colinados en los materiales de la formación Mesa.

El piedemonte frontal se enmarca lateralmente por el sistema de fallas de Romeral (falla de Santa Rita) al occidente y la falla de Otú-Pericos al oriente. Equidistantes de ambas fallas, los desplazamientos verticales en la falla del Espíritu Santo generan una segmentación de este piedemonte en dos sectores con una expresión geomorfológica clara. Desde esta traza y en dirección al río Nechí, el terreno de piedemonte parece presentar un basculamiento al oriente y al noreste.

Únicamente en la región del norte de Urabá se presenta evidencia geomorfológica clara de un régimen de plegamiento en los materiales de la zona de piedemonte, evidente en las formaciones sedimentarias del Neógeno.

Existe un contraste marcado en el patrón de disección de las cordilleras Central y Occidental; en la primera predomina el relieve colinado y en la segunda el relieve de disección profunda. A la escala de cordillera se presentan contrastes en el tipo de relieve predominante en los flancos de cada una de ellas. En el flanco oriental de la cordillera Central predomina el relieve colinado mientras en su flanco occidental se configura un relieve de disección profunda.

En la cordillera Occidental, el flanco oriental presenta un relieve de tipo montañosos que se continúa en la mayor parte del peldaño superior del flanco occidental. El peldaño intermedio, el corredor Murri-Mandé, posee un relieve de colinas altas e intermedias.

A la asimetría geomorfológica de los cinturones cordilleranos Central y Occidental se añade un contraste marcado en los tipos de relieve dominante en los flancos de ellos. Los flancos que enmarcan el cañón del río Cauca presentan una gradiente altitudinal pronunciada y un relieve de disección profunda. Por el contrario, los flancos más extensos, que descienden hacia los valles del Atrato y Magdalena, presentan gradientes regionales opuestas y una estructura mórfica escalonada.

Los escalonamientos en la vertiente oriental de la cordillera Central poseen relieve colinado; un sistema de colinas intermedias y bajas para los peldaños más altos (altiplanos de Santa Rosa de Osos y Rionegro y embalse del Peñol) y un conjunto de colinas altas para los peldaños de la parte oriental.

En el flanco occidental de la cordillera Occidental, los peldaños identificados presentan relieves distintivos:

- El peldaño superior presenta disección profunda sin ruptura de continuidad con el relieve del flanco oriental, que conforma un corredor alargado de relieve montañoso.
- El peldaño intermedio, corredor Murri-Mandé, presenta un relieve colinado en el que predominan colinas intermedias y altas.



- En el peldaño inferior, la zona de piedemonte, predomina un relieve de colinas bajas y zonas planas inclinadas.

La existencia de una relación entre los patrones de distribución espacial del relieve con disección profunda y la actividad tectónica neógena y cuaternaria se constituye en una posibilidad para comprender la historia reciente del levantamiento de los Andes en la jurisdicción del departamento de Antioquia.

El relieve montañoso típico del TMT indica un proceso de levantamiento tectónico más pronunciado en la parte norte de ambas cordilleras.

En el sector sur de la cordillera Central, el avance remontante y convergente de los frentes de erosión desde los ríos Cauca y Magdalena consigue destruir el sistema de altiplanos extensos localizados en su eje.

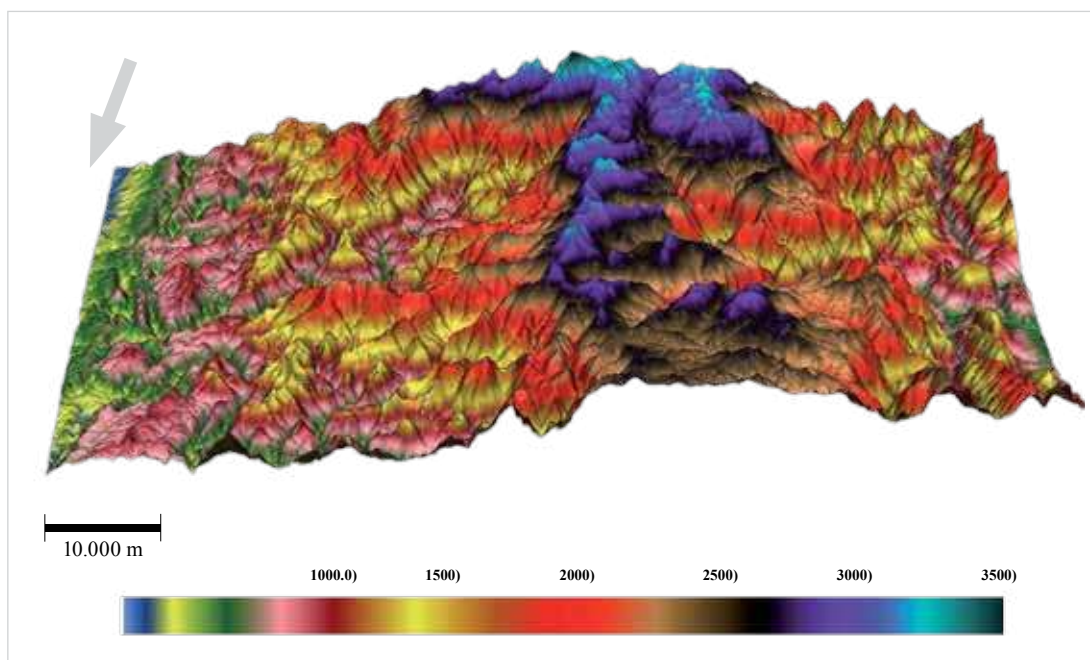
El frente de erosión del río Cauca avanza hacia el oriente a través de la cuenca del río Arma y parcialmente del río Buey. En su avance remontante se genera una transformación mórfica del relieve de altiplanos colinados en un relieve de disección profunda; el remanente más significativo en esta parte corresponde al altiplano de Abejorral, limitado lateralmente por los cañones ramificados de los ríos Buey y Arma.

El frente de erosión del Magdalena penetra a lo largo de los ríos Samaná y Samaná Norte. La convergencia de ambos frentes de erosión genera una franja estrecha, localmente aguda. De este modo, el eje de simetría del corredor cordillerano y la línea regional de divisoria de aguas coinciden (figura 3.3).

Esta configuración mórfica de la cordillera Central se presenta al sur de la población de Mesopotamia y continúa hasta la población de Sonsón.

Figura 3.3.

El relieve montañoso de la cordillera Central. En la parte sur de la cordillera Central en límites con el departamento de Caldas, el avance remontante de los frentes de erosión del río Arma en el flanco occidental y del río Samaná Norte en el flanco oriental configuran un tramo corto de cinturón cordillerano con relieve montañoso en ambos flancos. Esta configuración mórfica asemeja este sector con el relieve de la cordillera Central en los departamentos localizados al sur y constituye un contraste mórfico marcado con el mismo relieve de la cordillera en Antioquia.





En consecuencia, el segmento de la cordillera Central entre ambas poblaciones presenta mayores similitudes morfológicas con el segmento localizado en el departamento de Caldas.

La confluencia de estos frentes de erosión permite considerar a este segmento cordillerano como la segunda zona con relieve montañoso en el departamento.

Los flancos del cañón del río Cauca configuran un corredor amplio y continuo de relieve con disección profunda, entre La Pintada y Liborina. El control litológico y estructural en el modelado del relieve es muy marcado. El control estructural pasivo se expresa en la colinealidad de varios sistemas de valles y cañones.

Las partes más escarpadas de ambos flancos están relacionadas con el retroceso parcial de los escarpes de falla del sistema Cauca-Romeral. A través de estas estructuras se han producido los levantamientos tectónicos basculantes de ambas cordilleras.

Para la cordillera Occidental se trata de un basculamiento al oeste desde las fallas del sistema Cauca y para la cordillera Central un basculamiento al oriente desde las fallas del sistema Romeral.

Aguas abajo de la población de Liborina, el curso del río Cauca se adentra en el TMT.

Desde el punto de vista morfológico y estructural, el cañón del río Cauca se puede subdividir en dos tramos mayores:

- **El tramo La Pintada-Liborina.** Un cañón con un relieve colinado en sus partes medias y bajas y un control geológico, estructural y tectónico marcado. En el fondo se presenta una llanura aluvial estrecha y discontinua y un sistema de terrazas y abanicos de sus tributarios. El cañón establece una separación espacial clara entre los corredores cordilleranos Central y Occidental.
- **El tramo Liborina-Puerto Valdivia.** La morfología del cañón es similar a la de sus tributarios; la gradiente longitudinal del río es muy pronunciada. La separación geomorfológica de las cordilleras Central y Occidental en este sector se torna muy sutil.

En los cañones lineales de la cordillera central, la relación espacial entre relieves con disección profunda y franjas con relieve colinado permite identificar tres patrones principales:

- **Patrón 1: cañones “en V”.** El relieve de disección profunda de los flancos presenta una separación mínima, que lo convierten en una franja única. El cañón del río Porce presenta esta configuración en el tramo aguas abajo de la desembocadura del río Guadalupe.
- **Patrón 2: cañones con fondo colinado.** Un corredor central de relieves colinados separa las franjas de relieve muy disectado de los flancos. El tramo del cañón del río Porce entre Porcecito y la presa de Porce II, el cañón del río Medellín entre Barbosa y Porcecito y el tramo del cañón del río Nus entre Cisneros y San José del Nus corresponden a ejemplos adecuados de este patrón.
- **Patrón 3: cañones con un fondo de zonas planas y colinadas.** Esta configuración se desarrolla parcialmente en tramos discontinuos a lo largo del cañón del río Medellín entre Copacabana y Barbosa y en el cañón del río Nus en alrededores de San José del Nus. El ejemplo más pertinente de esta configuración corresponde a la morfología del valle de Aburrá.

La distribución espacial de los tres patrones a lo largo de los cañones lineales y su distribución dentro de la cordillera Central pueden presentar influencias de carácter litológico, estructural pasivo y tectónico activo.



En el cañón del río Porce, el tránsito del patrón 1 al patrón 2, coincide con el cambio litológico de las rocas metamórficas paleozoicas a las rocas graníticas del batolito antioqueño.

En el cañón del río Nus, la morfología del patrón 2 es muy clara mientras se encuentra en las rocas del batolito antioqueño pero se torna difusa con el tránsito a las rocas metamórficas sin que exista cambio de patrón.

El incremento de la amplitud y mejor desarrollo de un corredor de relieve colinado en la parte baja de los cañones lineales puede ser una respuesta a la distribución litológica o una expresión de dinámica fluvial intensa en respuesta a una actividad de levantamiento tectónico en el borde frontal y oriental de la cordillera.

Al respecto, será necesario incorporar nuevas variables morfológicas, tales como las gradientes de los cauces y la profundidad y amplitud de los cañones para contar con información adicional que permita resolver estos problemas.

El estudio detallado de la distribución espacial de las variables morfológicas pertinentes a los tres patrones identificados podría brindar elementos para descifrar los mecanismos de levantamiento de este segmento cordillerano.

3.4 Síntesis

El tipo de relieve predominante en las zonas de piedemonte constituye un testimonio del balance entre procesos endógenos (movimientos tectónicos y deformaciones) y procesos exógenos (erosión, deposición e incisión fluvial).

En los piedemontes occidentales de la cordillera Occidental y la serranía de Abibe un régimen de deposición activa predomina durante el Cuaternario. Un régimen activo de levantamientos tectónicos genera un sistema escalonado de abanicos aluviales disectados con relieve colinado.

La deposición activa cuaternaria en el piedemonte frontal corresponde a llanuras aluviales y sistemas de terrazas mientras que las rocas sedimentarias de las formaciones Tarazá y Caucasia, del Neógeno, soportan relieves colinados.

Un contexto similar ocurre en el piedemonte oriental de la cordillera Central; las rocas de la formación Mesa han sido afectadas por desplazamientos tectónicos verticales y una disección fluvial densa que genera un sistema escalonado de terrenos con relieve colinado que alcanzan los 300 msnm, es decir, 160 metros por encima del nivel actual de la llanura aluvial del río Magdalena en este sector.

En los terrenos del norte de Urabá (cuencas de los ríos San Pedro y San Juan) existen evidencias claras de un régimen de deformaciones con plegamiento que afectan a las rocas de Neógeno. La deposición durante el Cuaternario corresponde a llanuras aluviales y sistemas de terrazas.

El flanco oriental de la cordillera Central corresponde a la zona más extensa del departamento con relieve colinado. En ella se presenta un mosaico complejo de colinas intermedias, bajas y altas, según orden de importancia. En este flanco se diferencian tres sectores mayores:

Sector 1: el sector al norte del cañón del río Medellín y al occidente del cañón del río Porce

Presenta una estructura escalonada de altiplanos separados por escarpes erosivos. En el altiplano del páramo del más elevado y de menor extensión, predominan colinas altas e intermedias; en el altiplano

de Santa Rosa de Osos, en posición altitudinal intermedia y de mayor extensión, predominan las colinas intermedias y bajas. El altiplano de Carolina-Gómez Plata ocupa la posición altitudinal más baja y presenta un desarrollo de colinas de todos los tipos. El mecanismo dinámico, responsable del escalonamiento, se reitera a otra escala espacial, de tal modo que dentro del altiplano de Santa Rosa de Osos se ha identificado un sistema de bloques colinados escalonados (Arias et al, 2002; Arias et al, 2005).

**Sector 2: limitado al norte por el cañón del río Nus y
al noroeste por el cañón del río Medellín y el valle de Aburrá**

Este sector cubre la mayor parte del rango altitudinal del flanco, desde el altiplano de Santa Elena hasta el límite con el piedemonte oriental.

Sector 3: limitado al occidente por el cañón del río Porce y al sur por el cañón del río Nus

Los tres sectores comparten rasgos geomorfológicos comunes, a saber:

- Una estructura escalonada del relieve que es más evidente y marcada en los sectores 1 y 2.
- En el sector 1, el escalonamiento del relieve consiste en sistemas de altiplanos separados por escarpes regionales de carácter erosivo. En el sector 2, hay un escalonamiento mixto, con altiplanos escalonados en la parte occidental y bloques tectónicos levantados en la parte oriental. En el sector 3, se presenta un único altiplano basculado al oriente, claramente dislocado en su parte más oriental por las fallas del sistema Palestina.
- Los altiplanos de los sectores 1 y 2 se pueden correlacionar geomorfológicamente. En este sentido, el encajamiento del valle de Aburrá y del cañón del río Medellín establece la separación para un relieve previamente continuo.
- Para el caso de los sectores 2 y 3, el relieve relativo aumenta de occidente a oriente en los diferentes peldaños. En el sector 1 el relieve relativo aumenta de occidente a oriente y de norte a sur.
- La presencia de franjas y corredores de disección profunda es más clara en todo el sector 2 y en las partes norte y oriental del sector 3 y es menos pronunciada en el sector 1.
- En el sector 2 se presenta una variación geomorfológica desde relieves colinados en la parte norte y oriental, hasta franjas y corredores de relieve disectado en la parte media, para cambiar a un relieve montañoso en la parte sur del sector, en límites con el departamento de Caldas.
- En el sector 3, los corredores estrechos de relieve con disección pronunciada ocupan la parte más al norte mientras que en la parte oriental este tipo de relieve está asociado con los escarpes de las fallas del sistema Palestina (figuras 3.4, 3.5 y 3.6).

Estos rasgos en la distribución espacial del relieve relativo y la altitud dentro de los tres sectores posiblemente albergan información para comprender los mecanismos de levantamiento de la cordillera Central en Antioquia, los cuales requerirán estudios posteriores más detallados.

La cordillera Central presenta relieves diferentes en sus dos flancos; al contraste en su longitud y gradiente regional se añade así una asimetría o contraste morfológico.

El flanco occidental presenta un relieve profundamente disectado, resultado de la incisión fluvial vigorosa de las corrientes en respuesta a los procesos de levantamiento tectónico pronunciado, durante el Neógeno y el Cuaternario, a través de las fallas del sistema Romeral. En la vertiente oriental, de mayor longitud y menor gradiente regional, predomina el relieve colinado.



En la cordillera Occidental, los contrastes de relieve ocurren a las escalas de flancos y de los peldaños del flanco occidental.

El relieve profundamente disectado de su flanco oriental se relaciona causalmente con los procesos de levantamiento tectónico en el sistema de fallas del Cauca. En su flanco occidental, con estructura escalonada en tres niveles, se presentan relieves de disección profunda en el peldaño superior, un relieve de colinas altas e intermedias en el peldaño medio y un relieve de colinas bajas y zonas planas en el peldaño inferior o zona de piedemonte.

71

4. Distribución de las pendientes

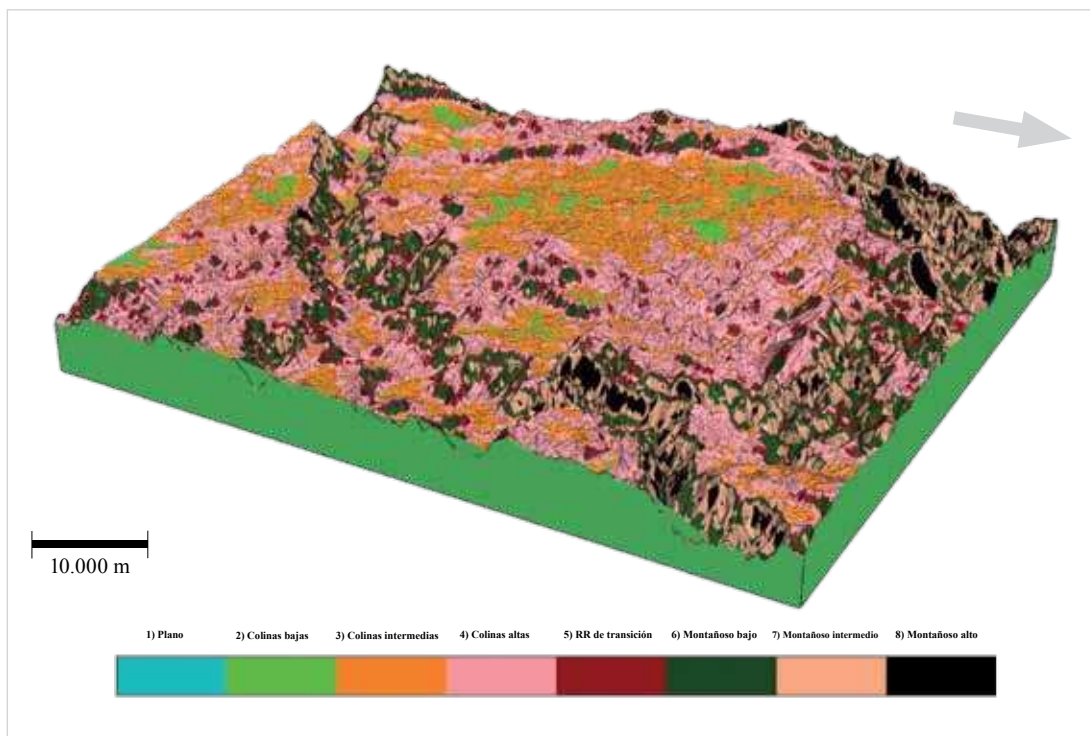
4.1 Introducción

La pendiente de una vertiente hace referencia a la inclinación máxima de ésta en un punto o sector determinado.

Las características de los documentos de soporte, imágenes SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con resolución espacial de 30 metros, permiten calcular la pendiente para áreas mínimas de 8100 m² equivalentes a un kernel de 3x3 píxeles y asignar el valor obtenido al píxel central de la matriz de muestreo. El empleo de modelos digitales de elevación (MDE) permite un muestreo sistemático de la pendiente a partir de áreas locales.

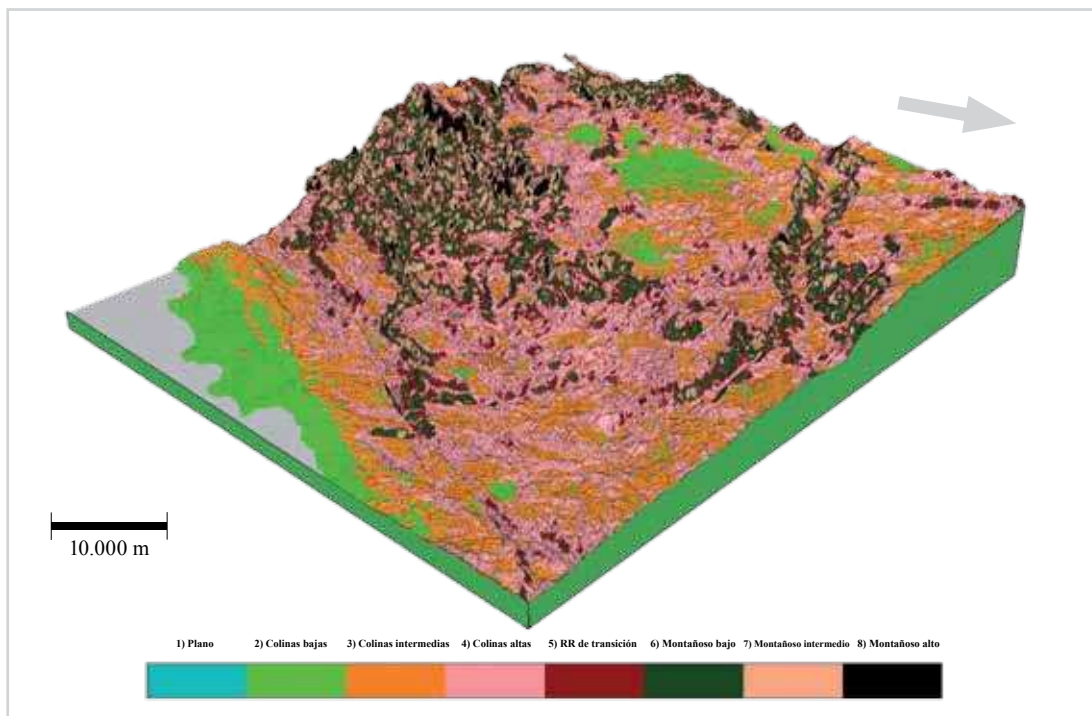
Figura 3.4.

Distribución espacial del relieve relativo en la cordillera Central al norte del cañón lineal del río Medellín-Porce. La imagen muestra el contraste de relieve relativo para los altiplanos, los escarpes erosivos regionales y los flancos de los cañones lineales profundos. En los altiplanos se presenta un predominio de colinas intermedias y en menos proporción sectores de colinas bajas, en los escarpes erosivos regionales predominan las colinas altas, los relieves de transición, y en menos proporción relieves de disección profunda con valores entre 350-450 metros. En los flancos del cañón lineal del río Medellín-Porce se configuran dos franjas estrechas y paralelas con relieve de disección profunda separadas por una franja central de colinas intermedias.

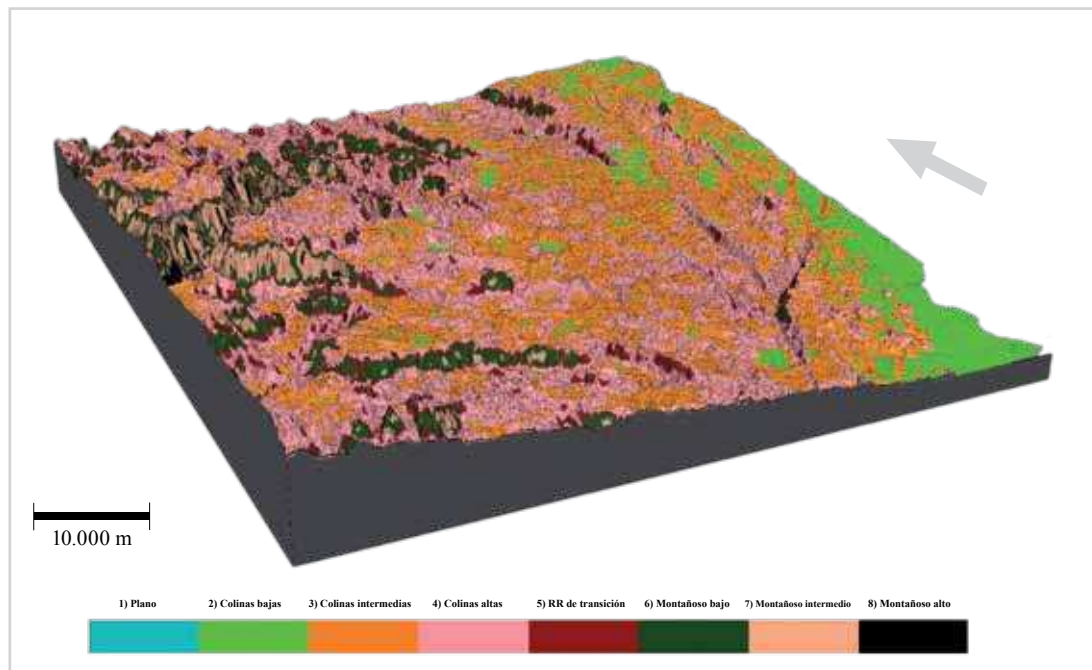


**Figura 3.5.**

Distribución espacial del relieve relativo en la cordillera Central en la región del “Oriente Antioqueño”. La relación entre unidades de relieve (altiplano, escarpe erosivo regional y cañón lineal profundo) y el tipo de relieve relativo en la región del “Oriente Antioqueño” es similar a la identificada en la figura 3.4. Relieves relativos de transición entre colinados y montañosos y relieves de disección profunda se forman en los escarpes de las fallas del sistema de Falla Palestina.

**Figura 3.6.**

Distribución espacial del relieve relativo en la Cordillera Central en la región del “Nordeste Antioqueño”. En la región del “Nordeste Antioqueño” se presenta un solo nivel de altiplano (altiplano inferior o altiplano “Carolina-Gómez Plata-Embalse del Peñol”) con un basculamiento regional al oriente. Su relieve relativo al igual que el de los demás altiplanos, muestra un predominio significativo de las clinas intermedias y marginalmente una distribución dispersa y poca extensa de colinas bajas. Los relieves de disección profunda se asocian con los flancos de los cañones lineales y con los escarpes de las fallas del sistema de falla Palestina.





A partir de los valores locales de pendiente se pueden realizar análisis en diferentes contextos escalares: para vertientes o cuencas de drenaje o a escala regional. En todos ellos, la distribución espacial de las pendientes y la distribución de frecuencias constituyen variables cuantitativas importantes para describir y analizar la estructura del relieve.

El estudio de la pendiente a escala regional contribuye a establecer una zonificación morfométrica de zonas muy extensas cuando se combina con otras variables, tales como la altitud y el relieve relativo o relieve local.

4.2 Procedimiento

Inicialmente se calcularon las pendientes para la jurisdicción del departamento a partir de una matriz de muestreo (kernel) de 3x3 píxeles y el valor obtenido se asignó al píxel central de 30x30 m. La estructura de los datos obtenidos presenta una distribución muy irregular, debido a la presencia frecuente de polígonos muy finos (“sal y pimienta”) para las diferentes regiones del departamento.

Para evitar en parte esta configuración se realizaron los cálculos empleando una matriz de muestreo de 9x9 píxeles, equivalentes a un área local de 72900 m² y el valor obtenido se asigna al píxel central del kernel empleado. El empleo de kernel de mayor dimensión genera un suavizado excesivo.

A partir de este mapa de la pendiente se calcula la pendiente promedia para áreas de 1.0 km² aproximadamente (33x33 píxeles equivalen a 0.98 km²). El mapa obtenido con este procedimiento se muestra en la figura 4.1.

4.3 Distribución espacial

A la escala del departamento y de los datos de la pendiente promedia por km² se obtienen pendientes mínimas de 0° y máximas de 76.2°. La pendiente promedia para el departamento es de 15.6° con una desviación estándar de 9°, una varianza de 81.2°² y un coeficiente de variación de 57.7%.

En la figura 4.2 se presenta el histograma de las pendientes promedias por km²; los valores fluctúan entre 0° y 78° pero los valores por encima de los 38° constituyen un porcentaje marginal (0.02% del territorio departamental).

Los valores de pendiente promedia de 38° a 78° se distribuyen en zonas de extensión reducida: en las vertientes directas del cañón del río Cauca entre Liborina y Puente Pescadero; en sitios locales al interior del TMT; en el corredor comprendido entre los farallones de Citará y el cerro de Caramanta; en sectores locales de la cuenca del río Sucio; en las partes profundas de las cuencas medias de los ríos Arma, Samaná y Samaná Norte y en áreas locales en el páramo de Frontino.

En el histograma de la figura 4.3 se incorporan los valores de pendiente comprendidos entre 0° y 38°. Este nuevo histograma es de tipo polimodal con tres modas: 2° a 9°, 9° a 23° y 23° a 38°. El análisis separado de las tres modas aporta la información que se presenta en la tabla 4.1.

Las pendientes entre 2° y 9° configuran un histograma asimétrico con un sesgo hacia los valores bajos; un mayor peso porcentual de los valores entre 1.5° y 2.5° y una disminución en el peso porcentual para los valores entre 3° y 9°.

Estos valores predominan en las zonas de piedemontes laterales y frontal; en las partes bajas de los flancos cordilleranos; en los valles más amplios de la cordillera Occidental y en áreas de poca extensión en el sistema escalonado de altiplanos de la cordillera Central.

El histograma de las pendientes entre 9° y 23° corresponde a una curva muy abierta; los valores de pendiente están representados por poblaciones de píxeles que varían entre 100.000 y 150.000. Ese



rango de pendientes se concentra en la cordillera Central; otras zonas de menor extensión se localizan en: el corredor Murri-Mandé en la cordillera Occidental; en el sector del cañón del río Cauca comprendido entre Bolombolo y La Pintada; el de la subregión del norte de Urabá y en el límite de las zonas de piedemonte con los flancos de las cordilleras.

El rango de pendientes entre 23° y 38° presenta dos distribuciones: una representación porcentual muy similar para los valores entre 23° y 27° y una disminución pronunciada del peso porcentual para los valores entre 27° y 38°.

Estos valores de pendiente se relacionan espacialmente con las zonas de relieve montañoso típico y con aquellos corredores y franjas de relieve con disección profunda.

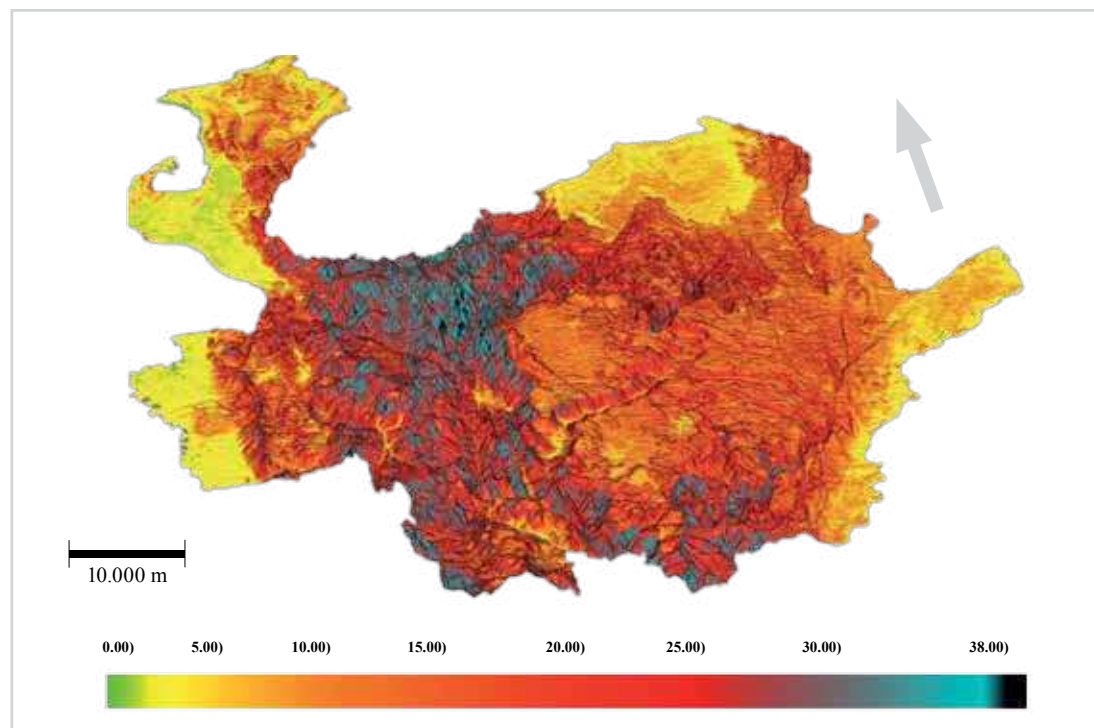
Tabla 4.1

Distribución de las pendientes promedias por km² para Antioquia.

Atributo	Moda de 2° a 9°	Moda de 9° a 23°	Moda de 23° a 38°
Pendiente mínima	0°	9°	23°
Pendiente máxima	9°	23°	38°
Rango	9°	14°	15°
Pendiente media	4.6°	15.8°	27.8°
Desviación estándar	2.2°	3.8°	3.1°
Varianza	5.0° ²	14.4° ²	9.8° ²
Coefficiente de variación	48.3%	24.1%	11.2%

Figura 4.1.

Distribución espacial de la pendiente promedio por km² para el departamento de Antioquia. La distribución espacial de la inclinación de las vertiente muestra un contraste para las cordilleras Central y Occidental similar al obtenido para ambos cinturones con el relieve relativo. En la cordillera Central predominan las pendientes entre 9°-18°. Mientras en la cordillera Occidental el rango predominante es entre 23°-35°. Las pendientes más pronunciadas (>30°) se presentan en el TMT. Las zonas de piedemonte presentan las pendientes más suaves (<5°).





En la figura 4.4 se presenta un mapa general de pendientes cuyos rangos se presentan en la tabla 4.2.

De acuerdo con la figura 4.4, los valores de la pendiente promedio por km² permiten establecer una zonificación de la inclinación de las vertientes a escala regional.

En las zonas de piedemonte existe un predominio de terrenos con inclinaciones entre 0° y 9°. Sólo se presentan zonas planas extensas en el piedemonte de la cordillera Occidental al río Atrato. En el piedemonte frontal andino (región del Bajo Cauca) y en el piedemonte de la cordillera Central al valle del río Magdalena predominan las vertientes suaves mientras que los terrenos planos se restringen a las llanuras aluviales más amplias de los ríos mayores.

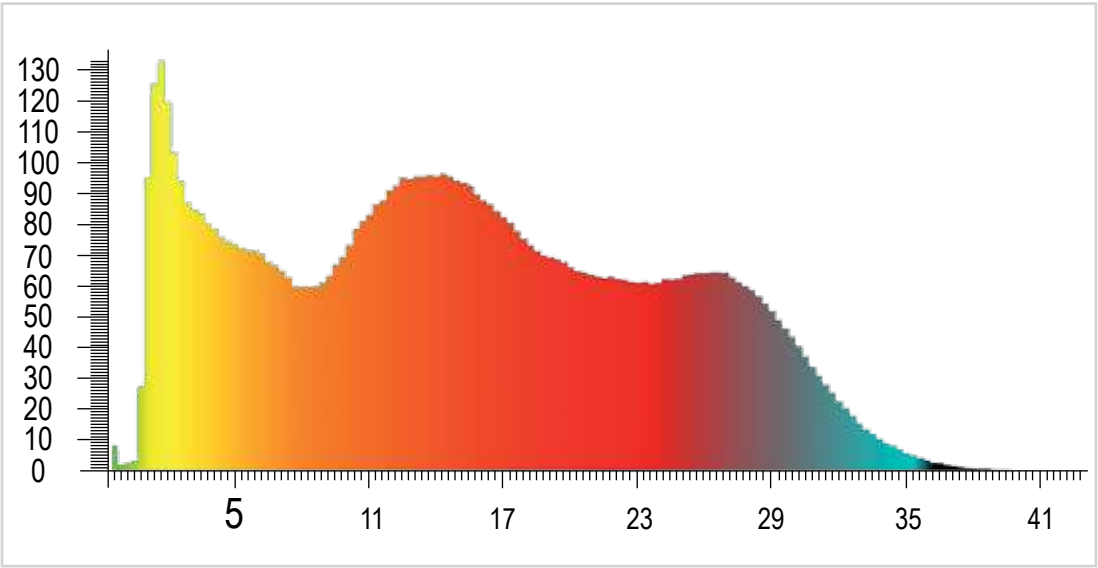
Existe un contraste marcado en la inclinación de las vertientes de la cordillera Central respecto de las de la cordillera Occidental.

En la cordillera Central predominan las pendientes en el rango 9° a 18°. Las franjas de amplitud variable presentan pendientes fuertes y empinadas; estas zonas coinciden con los flancos de cañones

Tabla 4.2
Rangos de pendiente y sus características.

Rango (en grados)	Descripción
0-3	Superficies a nivel y muy suaves
3-9	Vertientes suaves a moderadas
9-18	Vertientes de inclinación moderada
18-23	Vertientes de inclinación fuerte
23-31	Vertientes muy empinadas
>31	Vertientes escarpadas

Figura 4.2.
Histograma de la distribución de las pendientes promedias por km². Las pendientes promedias por km², para el departamento de Antioquia se distribuyen en tres rangos principales 2°-9°, 9°-23°, y 23°-38° correspondientes a los relieves de piedemonte, los relieves colinados y los relieves de disección profunda respectivamente. Las pendientes con valores entre 38°-78° constituyen un porcentaje marginal (0.02 %) del territorio departamental.



lineales. En áreas dispersas dentro de la cordillera se presentan terrenos con pendientes suaves especialmente en el valle del Aburrá, en el sector del aeropuerto José María Córdova, en el valle de La Unión, el embalse del Peñol y la zona de llanos de Cuivá.

En la cordillera Occidental predominan las pendientes entre 23° y 31° correspondientes a vertientes empinadas. En la parte más al norte de la cordillera existe además un porcentaje importante de vertientes escarpadas (de 31° a 45°). Sin embargo, existen en el eje de la cordillera dos zonas con pendientes moderadas y suaves en el valle del río Penderisco y en la zona entre los municipios de Abriaquí y Frontino.

Hacia la parte inferior del flanco occidental, en el corredor entre las poblaciones de Murri y Mandé, en una zona amplia predominan pendientes moderadas y suaves.

La combinación de la información de las pendientes con la información sobre el relieve relativo permite concluir en un sentido general un predominio de relieves colinados con vertientes de inclinación moderada en la cordillera Central mientras que en la cordillera Occidental predomina un relieve de tipo montañoso con pendientes empinadas y escarpadas.

La distribución espacial de las vertientes con pendientes empinadas y escarpadas en la figura 4.4 se corresponde bien con las zonas en donde predominan los relieves con disección profunda discutidos en el capítulo precedente.

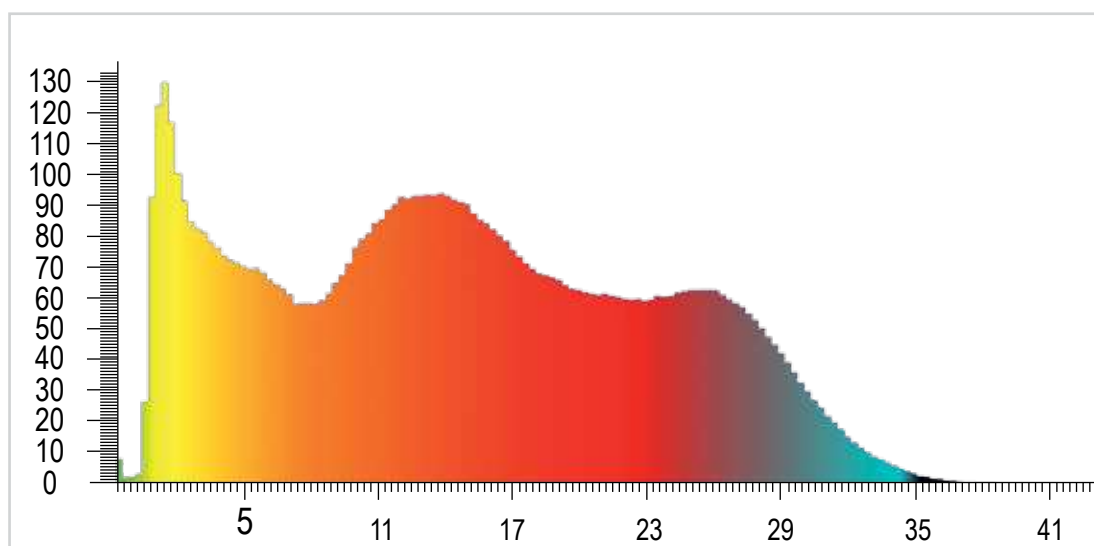
De acuerdo con ello, la zona localizada al norte de Santa Fe de Antioquia y limitada lateralmente por las fallas de Uramita y del Espíritu Santo corresponde a la región del departamento de Antioquia en la que se configura un relieve montañoso típico.

En la tabla 4.3 se indican el peso porcentual de cada rango y la extensión de los terrenos en cada rango.

En la figura 4.5 se presenta el histograma para las pendientes reclasificadas por rangos. Las pendientes moderadas, entre 9° y 18° , muestran un predominio en el relieve del departamento mientras que las pendientes típicas del relieve montañoso tienen un peso similar al de las pendientes suaves de las zonas de piedemonte.

Figura 4.3.

Histograma de la distribución de las pendientes promedias por km^2 para los valores entre (0° - 38°). Las pendientes promedias por km^2 para el departamento se distribuyen en tres rangos principales, (2° - 9°), (9° - 23°), (23° - 38°), correspondientes a los relieves de piedemonte, los relieves colinados y los relieves de disección profunda respectivamente.





4.4 Análisis y Síntesis

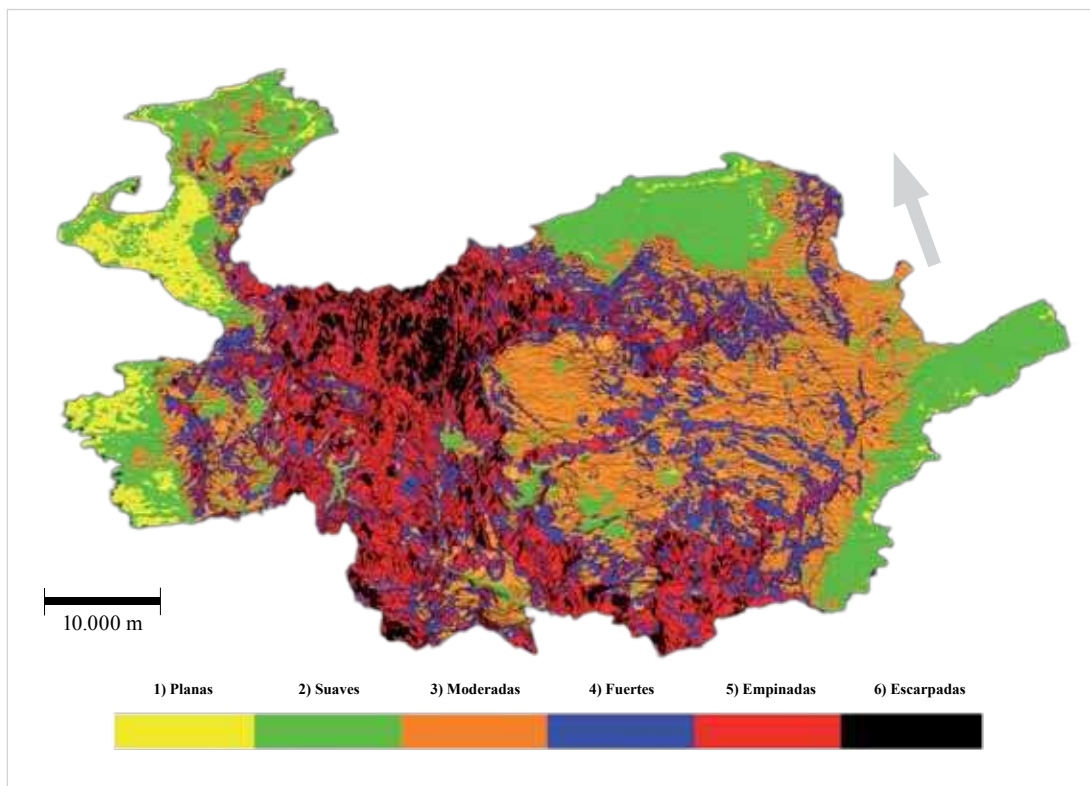
El mapa de pendientes promedias para 1.0 km² (figura 4.1) presenta un patrón de distribución espacial similar al mapa de relieve relativo (figura 3.1).

Los tres rangos de pendiente identificados en el histograma de la figura 4.3 corresponden a las pendientes características de los tres tipos de relieve mayores, a saber: los relieves planos y de colinas bajas que predominan en las zonas de piedemonte; los relieves colinados de la mayor parte de la cordillera Central y los relieves de disección profunda.

Tabla 4.3
Distribución areal y porcentual de las pendientes promedial por km².

Rango de pendiente (°)	Descripción	Área (km ²)	Porcentaje
0-3	Planas	3612.5	5.8
3-9	Suaves	12660.0	20.2
9-18	Moderadas	20673.6	32.9
18-23	Fuertes	9517.3	15.2
23-31	Empinadas	13156.0	21.0
31-45	Escarpadas	3167.9	5.1

Figura 4.4.
Clasificación de la pendiente promedio por km² en seis rangos. En la zonas de piedemonte predominan las superficies subhorizontales y aquellas con inclinación suave (0°-3°). En la mayor parte de la cordillera Central existe un predominio de pendientes moderadas (9°-18°); en los flancos de los cañones lineales, en los escarpes erosivos regionales y en los escarpes de falla se presentan pendientes fuertes (18°-23°) y pendientes empinadas (23°-31°). En los flancos del cañón del río Cauca y en el TMT predominan pendientes empinadas y escarpadas (>31°). La cordillera Occidental presenta vertientes con mayor inclinación que la cordillera Central.





Las pendientes predominantes en las zonas de piedemonte ocurren entre 1.5° y 2.5° ; en los relieves colinados entre 14° y 16° y en los relieves montañosos 23° y 27° . Para la jurisdicción departamental, los incrementos en la disección del terreno van acompañados de incrementos en la inclinación de las vertientes.

Esta relación persiste para las diferentes escalas espaciales consideradas, es decir, desde la escala departamental hasta la escala del relieve escalonado en los flancos de las cordilleras. La relación directa entre pendiente característica y relieve relativo permite inferir un conjunto de posibilidades. Los incrementos simultáneos de las pendientes características y los relieves relativos pueden ocurrir en diversas situaciones; para reducir el abanico de opciones se debe conocer la distribución espacial de la densidad de drenaje.

En una situación en la que la densidad de drenaje permanece constante, el incremento del relieve relativo y la pendiente implican un incremento en la longitud de las vertientes. Si al aumento en relieve relativo le acompaña un incremento en la densidad de drenaje, se tendrán vertientes más cortas y de mayor pendiente. En el análisis de la distribución espacial de la densidad de drenaje se retomará el tema.

De acuerdo con la tabla 4.1, se presenta una mayor variación de los valores de pendiente para los rangos de menor inclinación mientras que en los rangos de mayor inclinación el coeficiente de variación es significativamente menor.

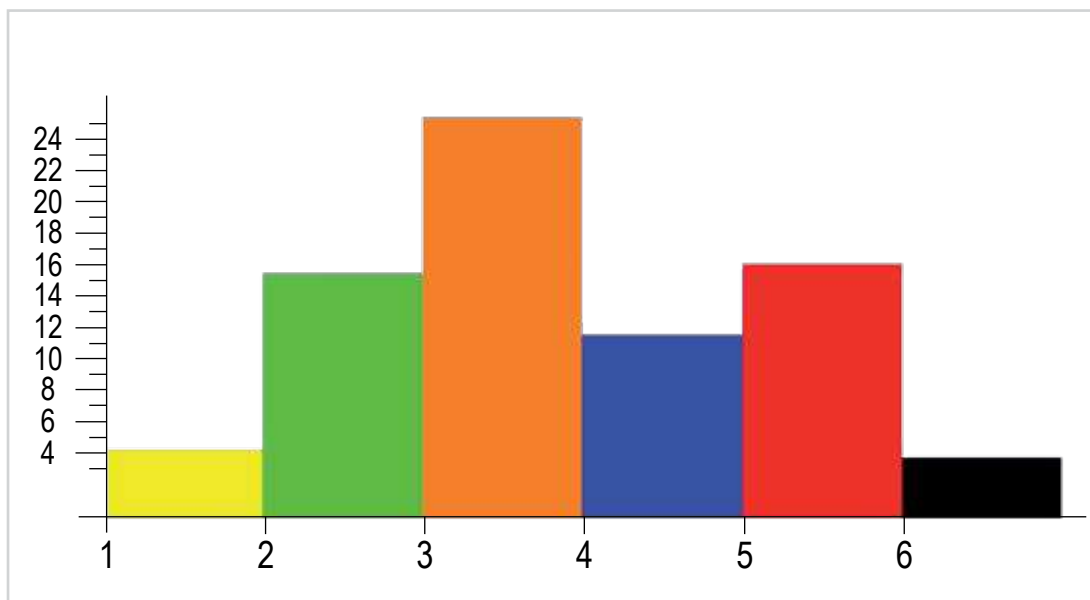
5. Grado de disección, densidad de drenaje y cuencas

5.1 Introducción

El estudio del grado de disección del terreno y la densidad de drenaje son variables importantes en el estudio de la diversidad del relieve.

Figura 4.5.

Histograma de los rangos de pendiente promedio por km^2 para el departamento de Antioquia. Las vertientes de inclinación moderada (9° - 18°) presentan el mayor peso porcentual en el departamento superando en una tercera parte a las pendientes empinadas (23° - 31°) características del relieve de disección profunda. Las pendientes suaves de los piedemontes presentan un peso porcentual similar a las vertientes empinadas.





La naturaleza del documento empleado (imágenes de radar SRTM: Shuttle Radar Topography Mission) permite calcular el grado de disección en términos de la longitud de vaguadas (eje de simetría de las concavidades) por unidad de área.

Con el comando “r.param.scale” de GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) se calcula el parámetro “feature”. Este parámetro permite identificar varios patrones de ordenamiento de píxeles adyacentes dentro de una matriz. Los patrones identificados son: franjas divisorias (ridges), vaguadas o corredores cóncavos (channels), picos (peaks), silletas de divisoria (passes), depresiones cerradas (pits) y superficies planas (planes) (figura 5.1).

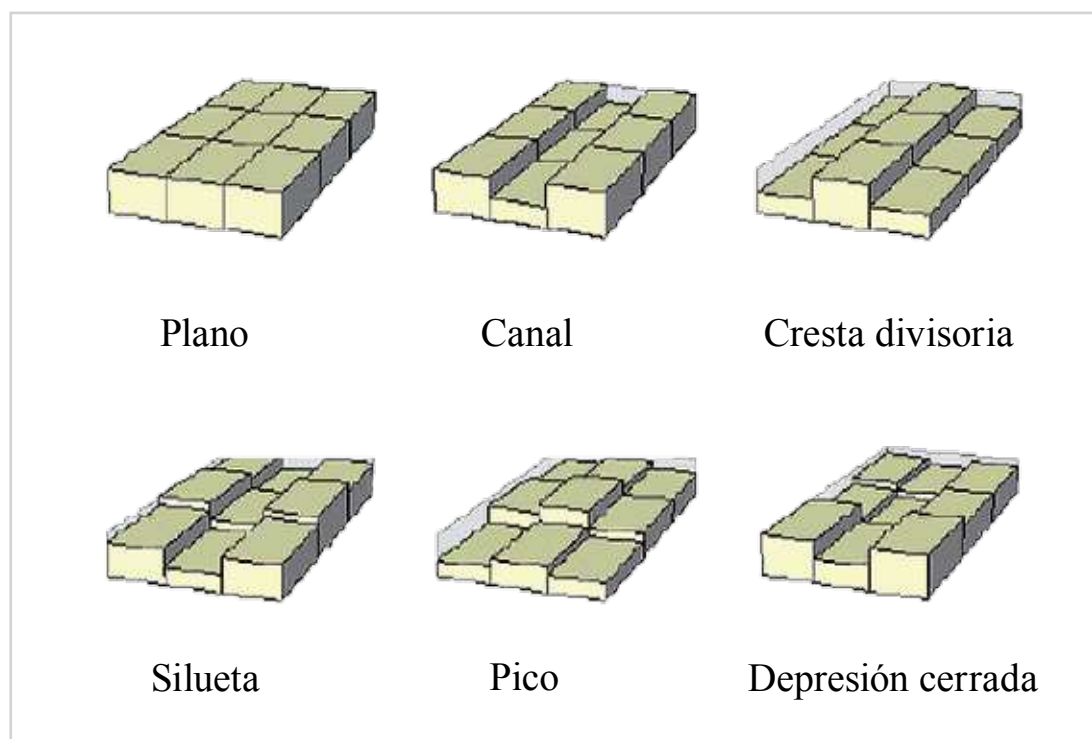
El patrón de las vaguadas constituye una manera de comprender la disección del terreno; igualmente, el patrón de los picos se convierte en un procedimiento pertinente para realizar un inventario del número de colinas individuales que conforman el relieve colinado de una región.

El comando “r.watershed” permite calcular densidades de drenaje y delimitar cuencas hidrográficas. La distribución espacial de las cuencas y una serie de parámetros morfométricos pertinentes permiten visualizar un contexto general de evolución de estas unidades.

La organización de las redes de drenaje en cuencas constituye un comportamiento geomorfológico e hidrológico que se inscribe en una temporalidad geológica y está condicionado por los procesos de levantamiento tectónico, la geología de la región y el marco climático general.

Figura 5.1.

Los seis tipos de rasgos morfométricos básicos a partir de una matriz de 3x3 píxeles se pueden definir seis patrones morfométricos elementales (Wood, 1996). Estos parámetros se corresponden a superficies planas cuyos 9 píxeles presentan igual valor de pendiente, canales caracterizados por la línea central de píxeles presenta valores de altitud más bajo que los respectivos píxeles de las dos líneas adyacentes. En el caso de la cresta divisoria la condición es opuesta a la del caso anterior. En el caso de la silleta los dos píxeles en la dirección norte-sur (o en la dirección este-oeste) presentan alturas mayores (o menores) que el píxel central, los píxeles en la dirección transversal presentan alturas menores (o mayores) que el píxel central. En el caso de un pico, el píxel central presenta altitud mayor que los ocho píxeles adyacentes. En el caso de una depresión cerrada, el píxel central presenta la menor altitud.





5.2 Grado de disección

5.2.1 Procedimiento

El archivo raster “feature”, que se obtiene con el comando “r.param.scale”, contiene seis patrones morfológicos diferentes. Utilizando el comando de álgebra de mapas, “r.mapcalc”, se pueden construir archivos raster individuales para cada patrón y asignar un valor cualquiera a los píxeles que cumplen la condición y un valor “null” a los píxeles restantes. A los píxeles que cumplen la condición se les asignó el valor 1.

De este modo se construyó un nuevo archivo que contiene el patrón de las vaguadas (channels) para todo el departamento.

La población de vaguadas obtenida constituye una representación de la disección del terreno. La manera como opera el comando produce un conjunto de píxeles agrupados en líneas paralelas para cada vaguada. El eje de la vaguada está constituido por una línea de píxeles que cumplen una condición: cada píxel posee un valor de altitud menor que sus respectivos píxeles laterales (figura 5.1).

Con el comando “r.thin” de GRASS se consigue adelgazar cada elemento de la población de vaguadas hasta obtener una sola línea de píxeles que corresponde al eje de simetría de ésta.

Luego se realizó un análisis de vecindad empleando el comando “r.neighbors”. Se seleccionó una matriz de muestreo de 75x75 píxeles, equivalente a una área de 5.0 km² aproximadamente y la operación de vecindad asignada fue la suma de los píxeles con valor 1. La matriz resultante se multiplicó por 0.2 para obtener el número de píxeles por km². La figura 5.2 es la representación espacial de la longitud de vaguadas por km² para el departamento y la figura 5.3 el histograma de estos valores.

5.2.2 Análisis

De acuerdo con el histograma (figura 5.3), la mayor parte de la jurisdicción del departamento presenta valores de disección entre 7.8 y 9.6 km/km². Algunos parámetros estadísticos de la disección son:

Valor mínimo: 0.06 km/km²
Valor máximo: 125.2 km/km²
Valor promedio: 85.1 km/km²
Desviación estándar: 16.1 km/km²
Varianza: 2864.9 (km/km²)²
Coeficiente de variación: 18.9%

En la tabla 5.1 se presenta la distribución areal y porcentual de cinco rangos que representan las disecciones características del departamento y aquellas ubicadas por encima y por debajo de ella.

Tabla 5.1.

Distribución areal y porcentual de la disección del terreno en el departamento de Antioquia

Rango (km/km ²)	Porcentaje	Área (km ²)	Valoración
0 - 7.2	6.41	4184.4	Disección muy baja
7.2 - 8.1	4.34	2832.8	Disección baja
8.1 - 9.3	72.58	47394.3	Disección característica de la región
9.3 - 10.2	14.31	9347.1	Disección alta
10.2 - 12.5	2.36	1542.9	Disección muy alta



Los valores característicos de la disección para el departamento de Antioquia varían entre 8.1 y 9.3 km/km², con el procedimiento empleado. Estos valores ocurren por igual en contextos geológicos y geomorfológicos muy diversos; ocurren además con independencia de la posición altitudinal. Esta uniformidad en el grado de disección puede ser más aparente que real y podría ser una consecuencia del procedimiento empleado para calcularla.

Por lo tanto, el análisis de la disección se realizó a la escala de las cuencas de drenaje mayores del departamento y se obtuvieron algunos resultados importantes.

La disección muy baja y baja se presenta en la llanura aluvial permanentemente inundada del río Atrato y en el corredor entre los ríos Atrato y León.

Zonas de menor extensión con disección baja se presentan en las llanuras aluviales de los ríos mayores que fluyen por las zonas de piedemonte y en el peldaño intermedio de la cordillera Occidental en la cuenca de los ríos Chaquenodá y Amparadó.

La asociación espacial de las disecciones alta y muy alta se presenta en los siguientes contextos geomorfológicos y geológicos:

- La mayor concentración ocurre en el triángulo montañoso tropical (TMT), especialmente en las vertientes que drenan al cañón del río Cauca.
- En las caras frontales de las cordilleras Central y Occidental.
- En los flancos de los cañones lineales modelados en rocas metamórficas, al norte del sitio de presa del proyecto hidroeléctrico Porce II.
- En los cañones lineales de la parte oriental de la cordillera Central, tanto en aquellos modelados en las rocas graníticas del batolito Antioqueño como en las rocas metamórficas.
- En el relieve montañoso de las cuencas altas de los ríos Samaná y Samaná Norte.
- En las zonas de la cordillera Occidental localizadas por encima de los 2.800 msnm.
- En el cañón del río Cauca entre La Pintada y Santa Fe de Antioquia.
- Los contrastes entre la disección alta y la disección predominante se presentan en las siguientes situaciones:
- El altiplano más antiguo (altiplano páramo de Belmira-páramo de Sonsón modelado en rocas metamórficas presenta disección alta (9.3 a 10.2) mientras que en los altiplanos modelados en rocas graníticas la disección es menor (8.1 a 9.3).
- El grado de disección en los escarpes regionales erosivos es mayor comparada con la disección de los altiplanos.

Las relaciones espaciales entre la disección característica y las disecciones alta y muy alta permiten establecer varias apreciaciones de carácter general.

La asociación de las disecciones alta y muy alta se presenta en las zonas con relieve montañoso y en las zonas con disección profunda. Se presenta por lo tanto una relación directa entre las variables morfométricas relieve relativo y grado de disección. El incremento de los desniveles a escala local va acompañado de una disección más densa; este comportamiento parece ser más efectivo en aquellos terrenos modelados en rocas metamórficas y en rocas volcánicas y sedimentarias cretáceas.

La relación entre altitud y grado de disección, aunque ausente por debajo de los 2800 msnm, es clara para aquellas áreas localizadas por encima de este valor en la cordillera Occidental. La presencia de relieves de origen glaciario por encima de esta altitud ha sido documentada en el páramo de Frontino; en las otras zonas su presencia es marginal.

Figura 5.2.

Distribución espacial de la longitud de vaguadas por km² (densidad de drenaje) en el departamento de Antioquia. El procedimiento empleado para definir la densidad de drenaje conduce a obtener valores en un rango muy estrecho (7.8-9.6 km/km²). Para la mayor parte del territorio departamental, aunque existen diferencias importantes en el régimen climático y en las características y de los perfiles de meteorización. Sin embargo, el mapa obtenido muestra diferencias importantes en la densidad de la disección relacionadas con el tipo de roca, con el tipo de relieve y con la posición altitudinal como se explica en el texto.

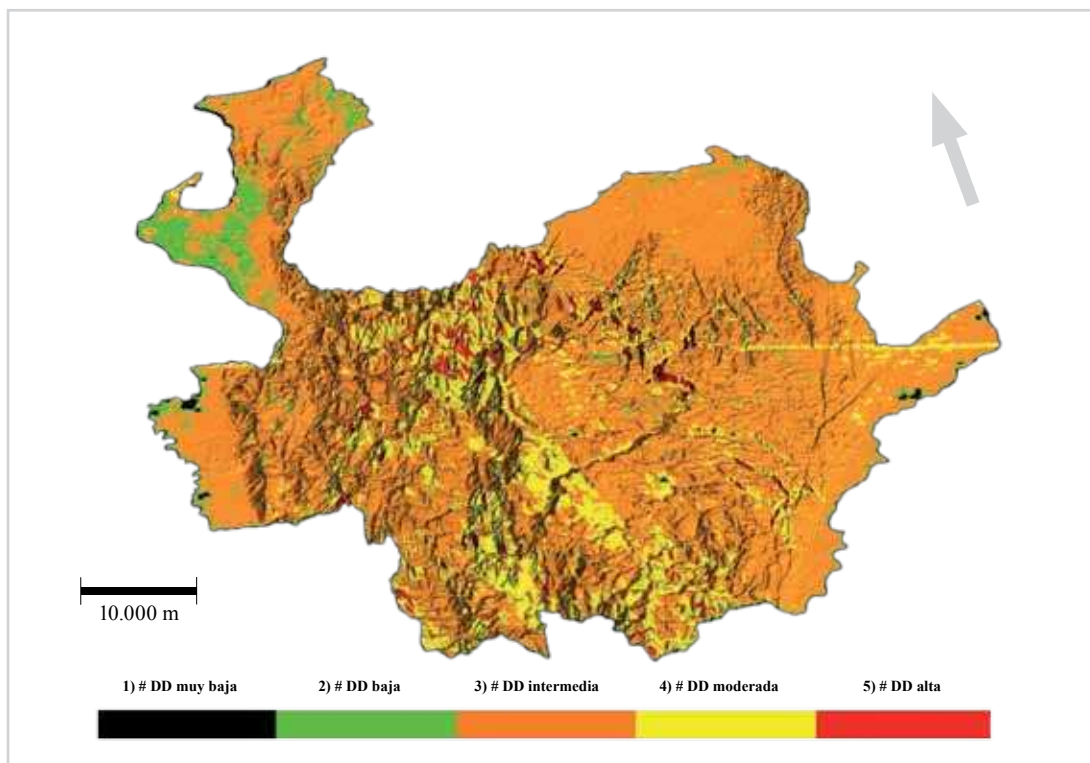
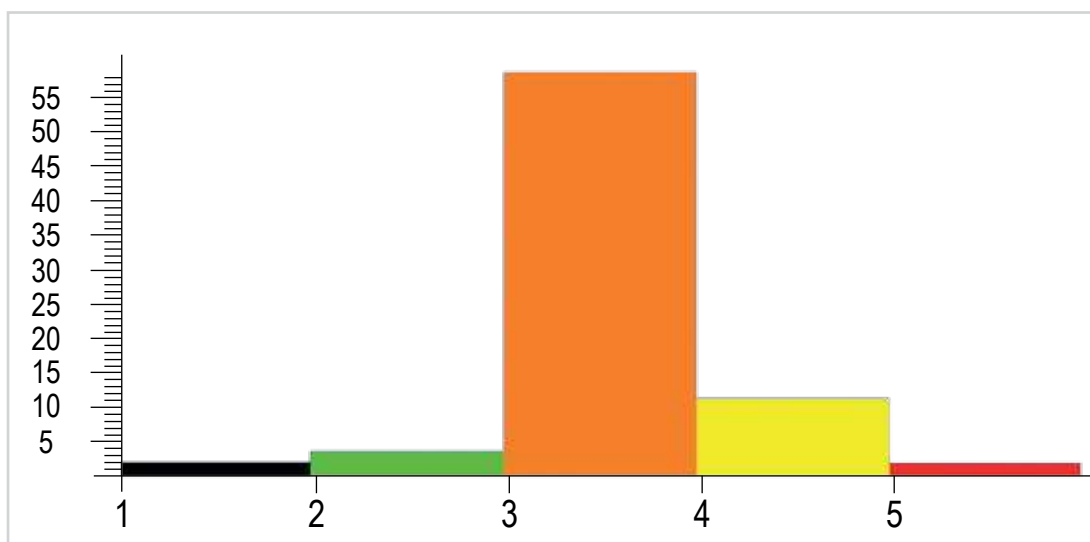


Figura 5.3.

Histograma de los rangos de densidad de drenaje en el departamento de Antioquia





En la cordillera Central, los escarpes erosivos y estructurales y los flancos de los cañones lineales presentan un grado de disección mayor que los altiplanos adyacentes en los casos en los que estas unidades de relieve están modeladas en rocas similares. Las diferencias importantes en los materiales de los perfiles de meteorización pueden explicar estos contrastes.

El análisis del grado de disección y su distribución espacial a la escala de las cuencas hidrográficas mayores del departamento aporta otros elementos importantes.

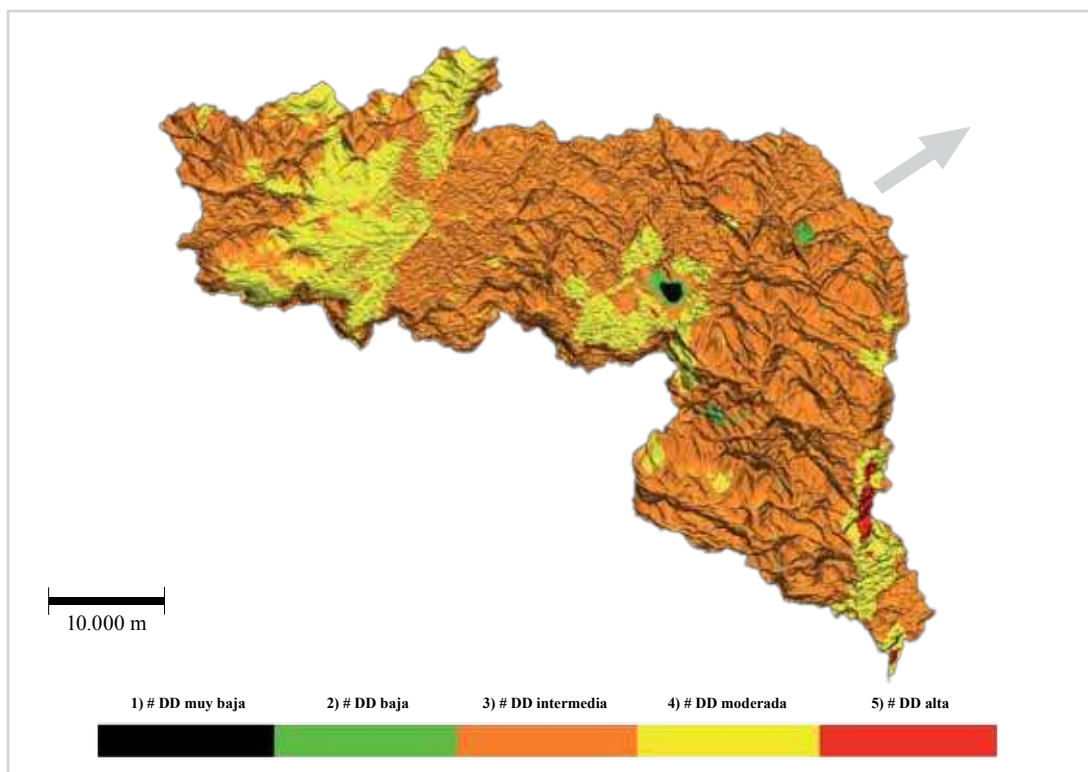
La cuenca de los ríos Negro y Nare presenta una estructura de relieve escalonada muy típica; en cada peldaño se presentan grados de disección diferentes. La mayor disección se presenta en el altiplano de Rionegro con valores de 10.2-12.5 km/km² al occidente del lineamiento geográfico de las quebradas La Mosca-Marinilla, mientras al oriente los valores son de 8.1 a 9.3 km/km². Estos valores persisten en el altiplano embalse del Peñol mientras en los bloques fallados y levantados de la parte oriental de la cordillera los valores predominantes son de 7.2 a 8.1 km/km².

En el sistema de altiplanos y bloques tectónicos de esta cuenca se presenta una relación inversa entre relieve relativo y grado de disección, lo que contrasta con la relación directa identificada para la escala de departamento (figura 5.4).

En la cuenca de los ríos San Bartolomé-Alicante, en el nordeste antioqueño, la falla de Otú-Pericos define un límite para los valores del grado de disección; al oriente de la falla predominan valores de 9.3 km/km² y al occidente valores de 8.1 km/km². En los sectores más prominentes del escarpe de esta falla se alcanzan valores de 10.2 km/km². Al interior de la cuenca se presentan corredores de terreno sobresalientes con orientación N30°O con valores de disección de 9.3 a 10.2 km/km².

Figura 5.4.

Distribución espacial de la densidad del drenaje en la cuenca del río Negro-Nare. La cuenca del río Negro-Nare presenta una estructura escalonada bien definida; en cada uno de los peldaños se tienen valores de densidad de drenajes diferentes. Los valores de densidad de drenaje más altos en el altiplano de Rionegro se presentan al occidente del lineamiento que hacen las quebradas La Mosca y La Cimarrona entre las poblaciones de Guarne y El Carmen de Viboral.



La cuenca del río Samaná Norte presenta tres unidades de relieve bien diferenciadas. La mitad superior de la cuenca presenta relieve montañoso y predominan los grados de disección alto y muy alto. En la mitad inferior el grado de disección es aquel característico para el departamento. Los cañones lineales de la parte inferior de la cuenca presentan grados de disección muy altos.

Dentro del relieve montañoso, el grado de disección es mayor en las partes más elevadas de los cuerpos montañosos y menor en las partes bajas de los cañones ramificados.

Una situación opuesta se presenta en la cuenca del río Nechí, aguas arriba de Dos Bocas. En este caso, la mayor disección ocurre dentro de los flancos del cañón principal y de los cañones tributarios (San Pablo y Tenche), con valores de 10.2 a 12.5 km/km². En los interfluvios entre cañones la densidad de la disección disminuye a valores de 7.2 a 8.1 km/km².

En la cuenca del río Arma (margen derecha), el mayor grado de disección se localiza en el límite entre los cañones de los ríos Buey y Arma y el altiplano de Abejorral. En estas franjas se produce la transformación mórfica más importante en la evolución del relieve de la cordillera Central: la destrucción del relieve de altiplano y la construcción de relieves de disección profunda, ya sean relieves montañosos o cañones lineales profundos.

Los terrenos que sobresalen respecto al nivel altitudinal de los altiplanos (inselbergs y cadenas de inselbergs) presentan un mayor grado de disección, más marcado cuando están modelados en rocas metamórficas; esta situación se presenta en las cuencas de los ríos Grande y San Bartolomé-Alicante.

En el cañón del río Medellín, en el tramo Barbosa-Porcecito, el grado de disección es mayor en el fondo colinado y en la mitad inferior de sus flancos (9.3 a 10.2 km/km²) en tanto que en la mitad superior disminuye a valores de 8.1 a 9.3 km/km².

Para el valle de Aburrá, la distribución espacial del grado de disección se invierte; se constata que es mayor en la parte superior de los flancos y menor en el fondo plano y en la zona de acumulación de depósitos gravitacionales. El corredor de terreno que va del cerro Las Baldías y pasa por el sector de Pajarito hasta terminar en el cerro El Volador, presenta los mayores valores en el grado de disección (10.2 km/km² y marginalmente km/km²).

5.2.3 Síntesis

La distribución espacial de los valores del grado de disección del terreno es bastante compleja y difícilmente se puede relacionar de manera directa con pulsos de levantamiento tectónico.

La relación entre relieve relativo y grado de disección muestra comportamientos contrastantes de unas cuencas a otras o a diferentes escalas espaciales del análisis.

El menor grado de disección en los interfluvios respecto a la disección en los cañones, en la cuenca del río Nechí, podría indicar una condición predominante de paleorrelieve para los primeros y una de relieve activo actual para los segundos.

En la cuenca del río Samaná Norte, el contraste en el grado de disección entre sus partes bajas y altas podría ser el resultado de estados de desarrollo mórfico diferentes para un comportamiento activo y pasado muy dinámico, en respuesta al levantamiento tectónico del Neógeno. En este caso, las perturbaciones tectónicas más antiguas se transfieren hacia las partes medias y altas de la cuenca afectando los lechos fluviales y las vertientes, mientras en las partes bajas de la cuenca, las perturbaciones tectónicas más recientes se restringen a las corrientes principales y sus vertientes adyacentes.

Dentro de los relieves con disección profunda se presentan los valores de disección más altos, especialmente en los relieves montañosos típicos.



La disección en los cañones lineales es mayor cuando están modelados en rocas metamórficas y menor en las rocas graníticas del batolito antioqueño.

5.3 Cuencas de drenaje

5.3.1 Procedimiento

Se delimitaron las cuencas tributarias de la cuenca del río Cauca, la mayoría de ellas como tributarios directos y unas pocas como tributarios indirectos. Para estas cuencas se determinaron los siguientes parámetros: perímetro, longitud promedio, ancho promedio, área, compacidad, factor de forma, longitud total de sus drenajes, densidad de drenaje, altitud mínima, altitud máxima, rango altitudinal, altitud promedia. Las mismas variables de la altitud se determinaron para las pendientes. Finalmente se calculó la representación porcentual de cada cuenca respecto al área que ocupa la cuenca del río Cauca en Antioquia. (tabla 5.2 y figuras 5.5. y 5.6).

De manera similar se seleccionaron las cuencas de los ríos San Bartolomé-Alicante y Nare como los tributarios mayores del río Magdalena y las cuencas de los ríos Sucio y Murri como tributarios principales de río Atrato. Para estas cuatro cuencas se calcularon los mismos parámetros utilizados para las cuencas tributarias del río Cauca (tabla 5.3).

Los ríos Atrato, Cauca y Magdalena constituyen las corrientes receptoras de la mayor parte de la red de drenaje del departamento de Antioquia. Las zonas de recepción hídrica y de sedimentos de estas corrientes presentan características diferentes y contrastantes cuando se comparan aquellas del río Cauca con aquellas de los ríos Atrato y Magdalena. Esta situación expresa las diferencias geomorfológicas marcadas de los flancos opuestos tanto en la cordillera central como en la cordillera occidental.

La cuenca del río Cauca la conforman, el flanco oriental de la cordillera occidental y el flanco occidental de la cordillera Central, flancos relativamente cortos y muy inclinados.

Por el contrario, al río Atrato confluye el drenaje del flanco occidental de la cordillera Occidental y al río Magdalena confluye el drenaje del flanco oriental de la cordillera Central. Ambos flancos son bastante amplios, de inclinación suave y con estructura mórfica escalonada.

Esta especie de arquitectónica (arquitectura tectónica) de las cordilleras Central y Occidental en Antioquia se manifiesta en los parámetros morfométricos de las cuencas (tablas 5.2 y 5.3).

El análisis comparado de los parámetros morfológicos para cuencas encajadas en flancos opuestos de cada una de las cordilleras permite poner en evidencia la estructura mórfica regional de los cinturones cordilleranos.

5.3.2 Análisis morfométricos de cuencas

El contraste más evidente entre las cuencas de las tablas 5.2 y 5.3 se presenta en lo referente a su área o extensión (columna C4).

En el cañón del río Cauca se presenta un predominio de cuencas pequeñas inscritas en la escala espacial de 101 a 102 km² y pocas cuencas alcanzan los 103 km²; las cuencas que drenan hacia los ríos Atrato y Magdalena se inscriben en la escala de los 103 km².

Las cuencas que drenan a los ríos Atrato y Magdalena ocupan el 89% del territorio del departamento en tanto que las que tributan al río Cauca ocupan el 11%.



El río Cauca es receptor directo de un número elevado de corrientes de agua, cada una de las cuales presenta una extensión inferior al 5% del área total de la cuenca del río Cauca en territorio antioqueño (C21). El río San Juan, tributario por la margen occidental en el sector de Bolombolo, alcanza un 9.25% y el río Tarazá alcanza un 6.29% (C21). En ambos casos, se presentan factores especiales que explican una mayor extensión de estas cuencas.

Tabla 5.2

Parámetros morfométricos de cuencas tributarias del río Cauca en el departamento de Antioquia.

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Nº	Nombre	Perímetro (km)	Longitud Prom. (km)	Ancho Prom. (km)	Área (km ²)	Compacidad	Factor de Forma	Longitud Drenajes (km)	DD (km/km ²)	Altitud mínima (msnm)	Altitud máxima (msnm)
1	Man	266.08	127.82	5.22	666.95	2.91	0.15	56757	2.55	12	1056
2	Tarazá	272.68	129.17	7.17	926.26	2.53	0.20	68273	2.21	74	3089
3	Puquí	93.01	44.37	2.14	94.80	2.69	0.18	7258	2.30	88	2071
4	Ituango	175.76	80.82	7.06	570.22	2.08	0.30	43296	2.28	265	3738
5	Valdivia	86.41	39.31	3.90	153.19	1.97	0.33	12142	2.38	121	2202
6	Espíritu Santo	148.07	68.66	5.37	368.81	2.18	0.27	29515	2.40	131	3008
7	San Andrés	162.01	74.43	6.58	489.44	2.07	0.30	39381	2.41	242	3369
8	Santa María	95.76	44.04	3.84	169.29	2.08	0.30	11996	2.13	268	3273
9	Juan García	76.69	34.68	3.66	127.06	1.92	0.35	9993	2.36	428	3268
10	Tonusco	136.22	61.78	6.32	390.78	1.94	0.34	28674	2.20	445	3447
11	Aburrá	111.59	49.87	5.92	295.25	1.83	0.38	24050	2.44	432	3054
12	Quebrada Seca	108.23	49.31	4.81	237.04	1.98	0.32	18279	2.31	442	3138
13	Amagá	103.71	46.34	5.52	255.65	1.83	0.38	20279	2.38	501	2941
14	San Juan	288.63	134.16	10.16	1362.71	2.21	0.26	102658	2.26	506	3964
15	Sinifaná	97.66	44.27	4.56	201.85	1.94	0.34	17379	2.58	517	2715
16	Piedras	171.48	79.52	6.22	494.30	2.18	0.27	39812	2.42	905	3013
17	Poblanco	87.63	39.26	4.56	178.98	1.85	0.37	14398	2.41	568	2713
18	Buey	130.98	60.26	5.23	315.06	2.08	0.29	24625	2.34	589	2974
19	Aures-Tasajo	111.34	51.10	4.57	233.43	2.06	0.30	20414	2.62	782	3268
20	Cartama	117.52	52.78	5.97	315.32	1.87	0.37	27240	2.59	572	3248
21	Sonsón	55.61	24.31	3.50	84.99	1.70	0.44	7728	2.73	888	3269

Tabla 5.3.

Parámetros morfométricos de las cuencas mayores tributarias de los ríos Atrato y Magdalena en el departamento de Antioquia.

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Nº	Nombre	Perímetro (km)	Longitud Prom. (km)	Ancho Prom. (km)	Área (km ²)	Compacidad	Factor de Forma	Longitud Drenajes (km)	DD (km/km ²)	Altitud mínima (msnm)	Altitud máxima (msnm)
1	Sucio	701.86	338.80	12.13	4108.57	3.09	0.13	11061.06	2.69	4	3731
2	Murri	588.01	281.71	12.29	3463.32	2.82	0.16	8714.34	2.52	1	3942
3	San Bartolomé	490.91	234.56	10.89	2554.41	2.74	0.17	6156.24	2.41	79	1973
4	Nare	683.53	324.30	17.46	5662.70	2.56	0.19	13632.12	2.41	104	3276



El río San Juan corre paralelo al río Cauca (dirección S-N), a diferencia de la mayoría de tributarios que presentan una orientación transversal u ortogonal (E - O, O - E). De este modo, la cuenca del río San Juan, no es una cuenca encajada en un flanco sino una cuenca ubicada en la parte baja y separada de la corriente principal por una combinación compleja de rellenos volcano sedimentarios relacionados con la formación Combia y procesos tectónicos de cierre y levantamiento de una cuenca previamente más amplia.

Tabla 5.2 Continuación.

	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21
Nombre	Rango Altitudinal (m)	Altitud Promedia (msnm)	Pendiente Min (°)	Pendiente Max (°)	Rango de Pendientes (°)	Pendiente Promedia (°)	Pend. 0°-9° (%)	Pend. 9°- 23° (%)	Pend. 23°-35° (%)	Pend. 35°- 90° (%)	% Respecto a cuenca cauca
Man	1044	146.06	0	64.59	64.59	6.88	76.47	18.65	3.91	0.98	4.53
Tarazá	3015	979.52	0	77.64	77.64	24.83	8.59	32.95	38.98	19.49	6.29
Puquí	1983	613.55	0	61.64	61.64	16.04	20.84	57.03	19.92	2.21	0.64
Ituango	3473	1968.89	0	78.06	78.06	27.85	2.58	28.94	43.56	21.92	3.87
Valdivia	2081	906.48	0	77.89	77.89	24.13	3.00	43.73	40.63	12.64	1.04
Espíritu Santo	2877	1675.84	0	77.80	77.80	22.49	6.73	44.12	39.17	9.98	2.50
San Andrés	3127	2188.46	0	76.32	76.32	21.01	12.95	45.63	28.58	12.85	3.32
Santa María	3005	1884.26	0	78.50	78.50	28.74	3.18	26.52	40.77	29.52	1.15
Juan García	2840	2068.75	0	81.90	81.90	29.33	3.36	21.74	44.37	30.53	0.86
Tonusco	3002	1914.07	0	80.74	80.74	26.88	4.39	27.17	46.76	21.67	2.65
Aburrá	2622	1665.97	0	74.91	74.91	20.04	17.08	42.72	30.05	10.14	2.00
Quebrada Seca	2696	1543.74	0	77.57	77.57	24.72	6.62	36.03	40.46	16.79	1.61
Amagá	2440	1568.00	0	75.05	75.05	24.39	6.74	37.65	38.38	17.23	1.74
San Juan	3458	1848.72	0	83.97	83.97	25.57	6.30	33.45	39.79	20.46	9.25
Sinifaná	2198	1415.99	0	79.90	79.90	21.50	12.52	45.77	26.99	14.72	1.37
Piedras	2108	2320.51	0	76.86	76.86	18.09	18.06	51.41	24.32	6.21	3.36
Poblanco	2145	1336.95	0	77.40	77.40	20.24	15.41	45.52	29.12	9.96	1.22
Buey	2385	1656.71	0	78.85	78.85	23.74	6.51	38.56	41.86	13.07	2.14
Aures-Tasajo	2486	2287.68	0	83.13	83.13	19.82	11.47	53.50	26.06	8.96	1.59
Cartama	2676	1766.91	0	75.19	75.19	18.00	18.18	52.10	22.28	7.44	2.14
Sonsón	2381	2393.72	0	79.02	79.02	18.80	17.53	51.99	19.84	10.64	0.58

Tabla 5.3. Continuación.

	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21
Nombre	Rango Altitudinal (m)	Altitud Promedia (msnm)	Pendiente Min (°)	Pendiente Max (°)	Rango de Pendientes (°)	Pendiente Promedia (°)	Pend. 0°-9° (%)	Pend. 9°- 23° (%)	Pend. 23°-35° (%)	Pend. 35°- 90° (%)	% Respecto a cuenca cauca
Sucio	3727	1241.55	0	80.28	80.28	22.04	26.64	29.64	30.31	13.41	64.93
Murri	3941	1435.48	0	78.27	78.27	19.46	19.99	39.87	30.40	9.75	54.74
San Bartolomé	1894	855.55	0	66.82	66.82	14.16	24.87	61.50	12.82	0.80	40.37
Nare	3172	1440.97	0	84.32	84.32	17.35	18.35	54.94	21.56	5.15	89.50

La cuenca del río Tarazá se conforma como una cuenca de piedemonte, de tal manera que el levantamiento de los cinturones cordilleranos tiene unos efectos menos pronunciados sobre ella comparado con los producidos en las cuencas localizadas, aguas arriba de Puerto Valdivia.

En el caso de los ríos Atrato y Magdalena ocurre una situación completamente contrastada. Las redes de drenaje que tributan a ambas corrientes presentan un ordenamiento jerárquico más complejo, de tal modo que sus tributarios directos presentan tres características:

- Desarrollo de una jerarquía compleja que genera corrientes de orden mayor a 5 y cuencas de gran extensión que ocupan toda la amplitud del flanco occidental de la cordillera occidental y del flanco oriental de la cordillera central. Las cuencas que se presentan en la tabla 5.3 cumplen esta condición. La extensión de cada una de estas cuencas constituye entre el 40% -90% de la cuenca del río Cauca (C21, tabla 5.3).
- Corrientes intermedias que dan origen a cuencas que se inscriben en extensiones similares a las cuencas tributarias del río Cauca. Ejemplos de ello son las cuencas. Ejemplos de ello son las cuencas de los ríos Arquía y Murindó en la cuenca del Atrato.
- Corrientes menores, de recorrido muy corto y con unas cuencas de menos extensión. Estas cuencas ocupan los espacios entre las cuencas de las corrientes mayores e intermedias. Individualmente pesan muy poco en las estadísticas pero tomadas de conjunto alcanzan representación porcentual del orden de los 5-10% del área de la cuenca del río Cauca.

En síntesis: las redes tributarias de los ríos Atrato y Magdalena presentan un ordenamiento jerárquico muy complejo de tal manera que a cada una de ellas tributan únicamente dos corrientes de orden superior a 5.

Para el río Cauca, la situación es opuesta: recibe un gran número de corrientes de orden bajo; en otros términos el proceso de jerarquización de corrientes es muy incipiente en esta cuenca.

El proceso diferencial de jerarquización en la red de drenaje entre las cuencas del río Cauca y las cuencas de los ríos Atrato y Magdalena tiene que ver con la morfometría de los flancos cordilleranos. Estos rasgos se pueden evaluar comparando la longitud promedia (C2), la pendiente promedia (C16) y la distribución de rangos de pendiente en las cuencas (C17, C18, C19 y C20).

En la cuenca del río Cauca, las cuencas de los ríos Tonusco, Juan García, Santa María e Ituango combinan longitudes promedias relativamente cortas (35-81 km) con pendientes promedias altas (27°-29°), de tal modo que el porcentaje de las pendientes en el rango 23°-35°, para las vertientes es del orden del 41-47% y las cuencas Valdivia, Espíritu Santo, San Andrés presentan longitudes promedias similares, pendientes promedias entre 21°-24° y las pendientes en el rango 9°-23° tienen el mismo peso porcentual que aquellas entre 23°- 35°.

Las cuencas con estos parámetros se pueden considerar como cuencas “esbeltas”, es decir, cuencas con un encajamiento relativamente menor en la superficie del flanco o si se prefiere se puede igualmente afirmar que se trata de cuencas encajadas en superficies de menor longitud y mayor inclinación.

Todas ellas comparten un atributo de espacialidad común: se localizan al norte de la población de Santa Fé de Antioquia.

Al sur de Bolombolo se localiza un grupo de cuencas con longitudes promedias entre 25-80 km, pendientes promedias menores a 21°, donde las pendientes entre 9°-23° ocupan alrededor del 50% de la cuenca; para estas cuencas las pendientes entre 0°-9° representan entre el 11-19% de la cuenca. El grupo corresponde a las cuencas Sinifaná, Cartama, Poblano, Piedras, Aures-Tasajo y Sonsón.



Si a las cuencas al norte de Santa Fe de Antioquia se les califica de “esbeltas”, el grupo de cuencas localizado al sur de Bolombolo representaría a las cuencas con mayor desgaste denudativo dentro de la parte de la cuenca del río Cauca localizada en los flancos laterales de los cinturones cordilleranos.

Los valores de estas mismas variables para las cuencas mayores de los ríos Atrato y Magdalena indican un contraste morfométrico pronunciado, a saber:

- La longitud promedio de las cuencas varía entre 234-338 km mientras las cuencas del río Cauca, aguas arriba de Puerto Valdivia presentan longitudes inferiores a los 80 km (con excepción de la cuenca San Juan). Las cuencas mayores son como mínimo tres (3) veces más largas que las cuencas del río Cauca.
- Las pendientes promedias de las cuencas San Bartolomé y Nare son de 14.2° y 17.4° respectivamente, valores muy por debajo de aquellos que despliegan las cuencas del río Cauca localizadas aguas arriba de Puerto Valdivia.
- Las pendientes promedias de las cuencas de los ríos Sucio y Murri son ligeramente mayores a las cuencas que tributan al río Magdalena pero muy inferiores a los valores de las cuencas del río Cauca localizadas en los flancos cordilleranos laterales.
- La relación entre longitud promedio y pendiente promedio permite visualizar un plano hipotético promedio. Este plano expresa una inclinación regional mayor para el flanco occidental de la cordillera Occidental comparado con el flanco oriental de la cordillera Central.

Para las cuencas localizadas afuera de la zona montañosa en el piedemonte frontal del Bajo Cauca (Man, Tarazá y Puquí) el alargamiento de las cuencas es mayor y el largo de las cuencas puede ser 20 veces el valor del ancho.

Los valores de compacidad de las cuencas mayores tributarias de los ríos Atrato y Magdalena son muy similares variando entre 2.56-3.09 (C5). Estos valores son característicos de cuencas rectangulares donde el largo es mayor a 20 veces el ancho.

Los valores del coeficiente de compacidad obtenidos de las cuencas indican que sus alargamientos están condicionados estructuralmente. Todas las cuencas de las tablas 5.2 y 5.3 ocupan el flanco cordillerano desde su base a su cima. Por lo tanto, el menor valor para las cuencas del Cauca indica una menor amplitud de los flancos cordilleranos que drenan al río Cauca; de igual manera, los flancos cordilleranos que tributan a los ríos Atrato y Magdalena presentan una amplitud mucho mayor.

El factor de forma (C6) corresponde a la relación entre el área de la cuenca y el área de un cuadrado cuyo perímetro es igual al perímetro de la cuenca; este factor de forma lo establece Zavoianu (1978). Los valores del factor de forma de las cuencas guardan relación estrecha con los valores de compacidad (C5). Por lo tanto, una de ellas es redundante.

La densidad de drenaje (C8), al igual que la densidad de disección es bastante homogénea y para las cuencas del río Cauca varía entre 2.13 - 2.73 Km. /km². hLas cuencas mayores que tributan a los ríos Atrato y Magdalena presentan valores entre 2.49- 2.69 Km. /km². Esta aparente homogeneidad en este parámetro muy posiblemente es resultado de la resolución espacial del documento empleado y del procedimiento empleado para obtenerlo. La experiencia y los reconocimientos de campo evidenciaron contrastes importantes en la densidad de drenaje dependiendo de la fisiografía del terreno, de la geología y del régimen climático.

La altitud mínima (C9) indica que las cuencas presentan su nivel-base en tres rangos altitudinales bien diferenciados:



- Las cuencas de los ríos Sucio y Murri tienen su nivel base adyacente al nivel del mar (4 msnm y 1 msnm) respectivamente.
- Las cuencas que tributan al río Magdalena tienen su nivel base en 79 y 104 msnm.
- Las cuencas tributarias del río Cauca tienen dos rangos altitudinales para sus niveles base:
 - Las cuencas localizadas en el piedemonte frontal lo ubican entre 12 -88 msnm.
 - Las cuencas ubicadas arriba de Puerto Valdivia presentan niveles base entre 121-888 msnm.

5.3.3. Régimen de erosión-depositación

En las cuencas que drenan hacia el valle del río Atrato se configuran claramente dos zonas bien definidas: una zona superior y media de producción y transporte de sedimentos y otra zona inferior baja de acumulación reciente y subreciente de sedimentos, organizados en un sistema escalonado de abanicos aluviales cuaternarios que configura una zona de piedemonte típica y activa.

Este modelado se presenta en menor proporción en la cara frontal del cinturón andino y en el borde oriental de la cordillera Central. La sedimentación cuaternaria en estas últimas, está representada por las llanuras aluviales de las corrientes mayores y por un sistema de terrazas aluviales pero no es evidente un sistema escalonado de abanicos aluviales de extensión importante.

El fondo del cañón del río Cauca es un contexto poco favorable al desarrollo de zonas extensas de acumulación de sedimentos aluviales muy espesos. Las acumulaciones de cierta importancia se localizan en cercanías a La Pintada en la zona de confluencia de los ríos Arma, Poblano y Cartama; se trata de una sedimentación de gravas y arenas recientes.

La otra acumulación importante se localiza en el sector de Santa Fé de Antioquia- Sopetrán-San Jerónimo. En este sector la sedimentación predominante es de carácter torrencial (flujos de lodo intercalados con sedimentos aluviales) pre-Holoceno, alguna de ella del Pleistoceno medio acorde con el grado de alteración de los depósitos y el tipo de suelos que se desarrollan en superficie.

La depositación mas reciente corresponde a los sedimentos aluvio-torrenciales de los afluentes del río Cauca, los depósitos aluviales y de represamientos naturales que han afectado al río durante el Holoceno y a depósitos de la llanura aluvial actual.

Aguas debajo de Santa Fe de Antioquia no se presentan acumulaciones significativas de sedimentos aluviales en las partes bajas del cañón; esta sedimentación reciente vuelve a manifestarse una vez el río sale del relieve montañoso y se adentra en la zona del piedemonte, aguas abajo de la población de El Doce.

En el corredor cordillerano conformado por las cordilleras Central y Occidental se puede establecer una diferencia entre flancos externos y flancos internos.

Los flancos externos drenan hacia los ríos Atrato y Magdalena, son bastante amplios permitiendo el encajamiento de cuencas mayores muy extensas con una jerarquización compleja de sus redes de drenaje, muy amplios y de gradiente regional suave.

En este tipo de flancos se desarrolla una estructura escalonada de relieve. Los flancos externos de la morfoestructura mayor del relieve en Antioquia corresponden al flanco occidental de la cordillera Occidental y al flanco oriental de la cordillera Central.



Los flancos internos corresponden a los flancos de ambas cordilleras que drenan hacia el río Cauca. Presentan una menor amplitud y en ellos se generan los desniveles altitudinales más pronunciados del relieve antioqueño, predominando las pendientes fuertes y muy fuertes (23° a 35° y más fuertes).

Las características morfológicas, geomorfológicas, paleodinámicas y de comportamiento actual de las cuencas de drenaje presentan contrastes marcados dependiendo de la ubicación de ellas en los flancos externos o internos.

Las partes bajas de los flancos externos muestran evidencias de una depositación aluvial importante, especialmente en el flanco al río Atrato. En este sector la sedimentación reciente y pleistocénica está acompañada de actividad neotectónica importante.

En las partes bajas de los flancos internos, el régimen de depositación durante el cuaternario ha dejado registro, sin embargo, predomina un régimen de remoción y transporte, indicador de un régimen de levantamiento tectónico importante.

Esta asociación de levantamiento tectónico- remoción intensa en el fondo del cañón del río Cauca es más marcada al norte de la población de Liborina.

5.3.4. Orientación espacial de las cuencas

La mayoría de las cuencas presentan su eje longitudinal en correspondencia con la gradiente regional de los flancos. Las cuencas de los flancos externos son más largas y de mayor extensión que las ubicadas en los flancos internos.

El condicionamiento estructural impuesto por la forma de los flancos externos y los flancos internos se rompe en dos situaciones muy específicas:

- a.** En las cuencas cuyo alargamiento está controlado por la existencia de fallas mayores.
- b.** La formación de nuevas generaciones de cuenca en respuesta al levantamiento de las cordilleras.

Las cuencas con un control marcado por la presencia de fallas mayores de carácter regional se presentan en ambas cordilleras y en el cañón del río Cauca.

El cañón del río Cauca corresponde a una cuenca muy alargada conformada por un sistema numeroso de cuencas alargadas y pequeñas con gradientes longitudinales pronunciadas encajadas en los flancos del cañón. Algunas de estas cuencas pequeñas se adentran en los altiplanos de la cordillera Central como resultado de la captura de redes de drenajes menores. La distribución de cuencas mayores en los flancos escalonados de ambos cinturones y la presencia de cuencas alargadas, estrechas y de gradientes pronunciada en los flancos hacia el cañón del río Cauca expresan un movimiento basculante hacia el oriente de la cordillera Central y una inclinación regional menor de la cordillera Occidental hacia el occidente.

La cuenca de la quebrada Juan García en Liborina, tributaria del río Cauca por su margen derecha, presenta un alargamiento NE-SO y ofrece un sentido de flujo opuesto al del río Cauca. Esta configuración es el resultado del control estructural y tectónico de la falla del Espíritu Santo que controla el lecho principal de la corriente. Más hacia el noreste, la misma falla controla la orientación espacial del río San Andrés y su cuenca; este río entra en una dirección subparalela con el río Cauca.

Control similar ejerce la falla de Uramita sobre los ríos Tonusco y Sucio y sobre el alargamiento de sus cuencas.

En el flanco oriental de la cordillera Central, un sistema de fallas NO-SE, del cual hacen parte las fallas de Monteloro, Nare, Balseadero y Calderas, controla la orientación espacial de las corrientes mayores

en este sector. Los cañones lineales que se presentan en esta parte, muy rectilíneos, están controlados estructuralmente por estas fallas. Sin embargo, el alargamiento y la forma de las cuencas permanecen controlados por la gradiente regional del flanco externo.

La cuenca del río San Juan, tributaria del río Cauca por su margen izquierda, presenta un alargamiento y un sentido de flujo S-N que contrasta con la orientación O-E y E-O de la mayoría de las otras cuencas tributarias. Ingeominas (1997) indica la presencia de un control estructural por parte de la falla de Mistrató (falla de Cañasgordas).

Las cuencas con un control estructural y tectónico marcado presentan por lo tanto una configuración y orientación espacial que contrasta con aquellas cuencas que carecen de dicho control.

En el flanco oriental de la cordillera Central se presentan dos orientaciones en el encajamiento de las cuencas, adicionales a aquellas cuya orientación está controlada estructuralmente.

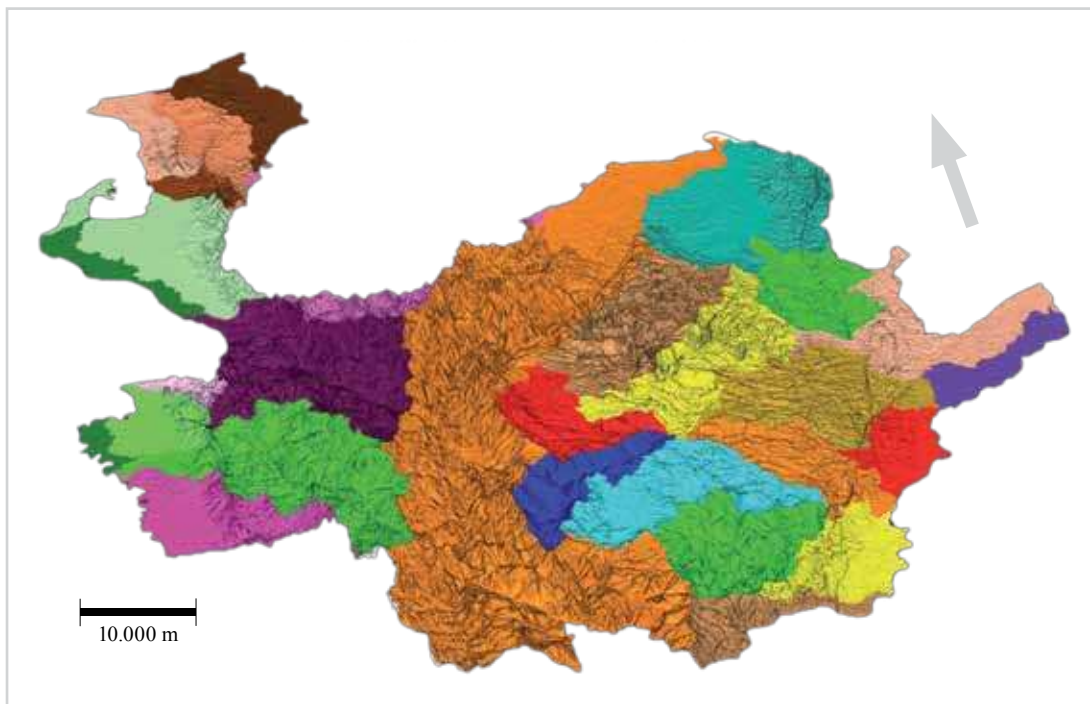
La mayoría de las cuencas presentan una orientación y sentido O-E, acorde con la gradiente regional del flanco. Las cuencas de los ríos Medellín-Porce y Nechí presentan orientaciones SO-NE (N30°E).

La cuenca del eje fluvial Medellín-Porce marca una discontinuidad espacial para las cuencas ubicadas al occidente y al oriente, como se puede visualizar en la figura 5.7. La cuenca del río Grande, localizada al occidente, presenta una orientación NO-SE compatible con las orientaciones de las cuencas localizadas al oriente.

La cuenca Medellín-Porce se configura como un cañón lineal profundo, de amplitud constante y muy continua; su fondo se ubica de 700 a 1000 m por debajo del nivel medio de las cuencas laterales. Los incrementos en la amplitud de esta cuenca son el resultado de la captura de los drenajes de los ríos Guadalupe y Grande.

Figura 5.5.

Distribución espacial de las cuencas de drenajes mayores del departamento de Antioquia. La distribución espacial de las cuencas de drenaje mayores responde a procesos de largo plazo en el levantamiento de ambos cinturones cordilleranos. Las cuencas mayores de ambas cordilleras tributan a los ríos Magdalena y Atrato y ninguna de ellas lo hace al río Cauca mientras esta discurre en la zona cordillerana.

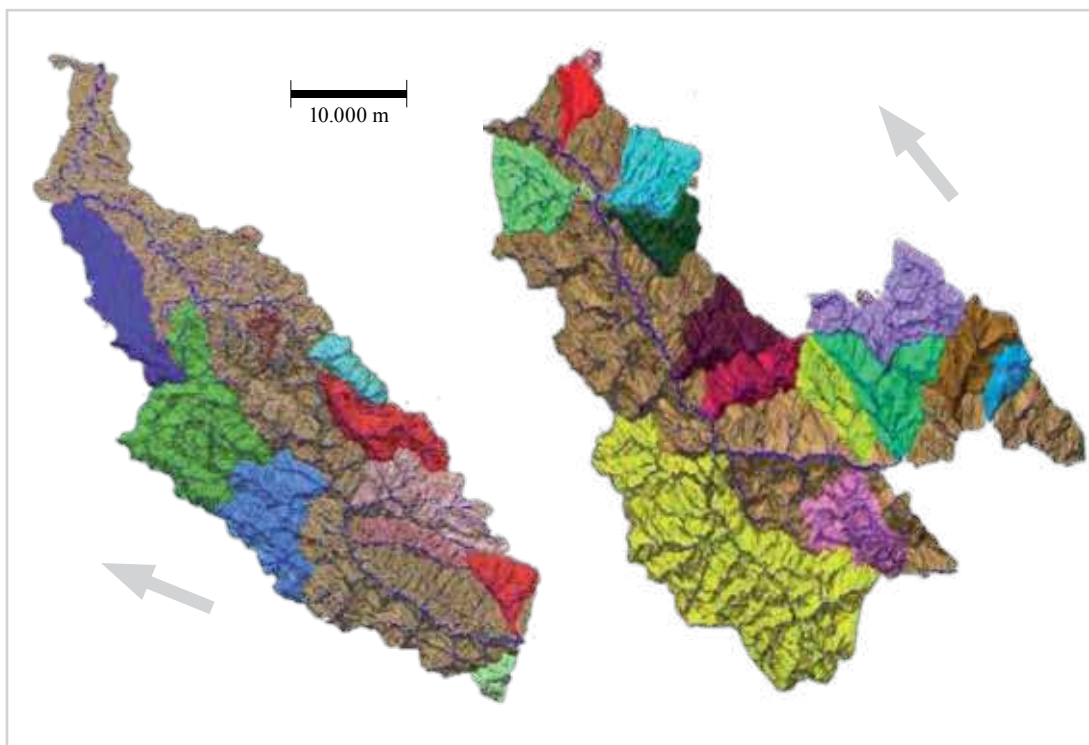




La orientación espacial de las cuencas de los ríos Medellín y Porce es el resultado de una nueva generación de cuencas que en su desarrollo modifica la estructura de la red de drenaje precedente. Las evidencias de estos cambios son varias:

- En el sector del altiplano de Amalfi, algunas corrientes (río Riachón) desarrollan valles amplios de fondo plano mientras discurren dentro de éste y se interrumpen abruptamente al acercarse a la corona del flanco derecho del río Porce; dentro del flanco, las corrientes modelan valles “en V” profundos y estrechos con caídas de agua pronunciadas. Al lado opuesto del cañón, dentro del altiplano de Anorí, las corrientes fluyen desde la corona del cañón para adentrarse en el altiplano. Varias de las corrientes carecen de cabecera de valle, es decir, desde su nacimiento se inician con una sección “en V” relativamente abierta e incluso con fondo plano. En el caso de la quebrada La Soledad se presentan terrazas aluviales en lo que correspondería supuestamente al nacimiento de la corriente.
- El tramo inferior del río Guadalupe, antes de tributar al río Porce (sector de Puente Acacias), corresponde a un cañón lineal profundo que se interrumpe abruptamente en el sector de El Salto. Este quiebre pronunciado de pendiente en la gradiente longitudinal del río Guadalupe marca el límite entre su recorrido por cañón y el recorrido aguas arriba dentro del altiplano de Gómez Plata -Carolina.
- En el sector de Porcecito se presenta la confluencia de los ríos Medellín y Grande y la quebrada Santiago para iniciar el recorrido del río Porce. En este sitio cruza uno de los lineamientos geográficos más marcados del territorio antioqueño; se trata de la colinealidad O-E de los ríos Chico y Grande, la quebrada Santiago y el río Nus. La divisoria de aguas de las dos últimas corrientes se ubica en el sector de La Quiebra y corresponde a un boquerón debajo del cual cruza la vía férrea que de Medellín conducía a Puerto Berrío.

Figura 5.6.
Cuencas tributarias del río Cauca en jurisdicción del departamento de Antioquia (a la izquierda cuencas tributarias en la parte norte; a la derecha las cuencas tributarias en la parte sur).



- La presencia de valles truncados. En el sector de el alto de la Sierra jurisdicción del municipio de Guarne en la vía Medellín-Bogotá, la continuidad hacia el occidente del valle de la quebrada La Mosca se interrumpe abruptamente con el cañón del río Medellín (figura 5.8 o figura 5.2).

Todos los rasgos antes descritos aparecen como anomalías de la configuración de las redes de drenaje mayores del departamento. Todas ellas corresponden a procesos de captura de drenajes precedentes en el proceso de avance remontante y encajamiento de la red de drenaje del río Porce y su prolongación suroeste a lo largo del cañón del río Medellín. En este proceso se interrumpen la continuidad hacia el oeste de los valles y las corrientes de la parte oriental, algo muy evidente en el alto de la Sierra y en el sector de La Quiebra (jurisdicción del municipio de Cisneros).

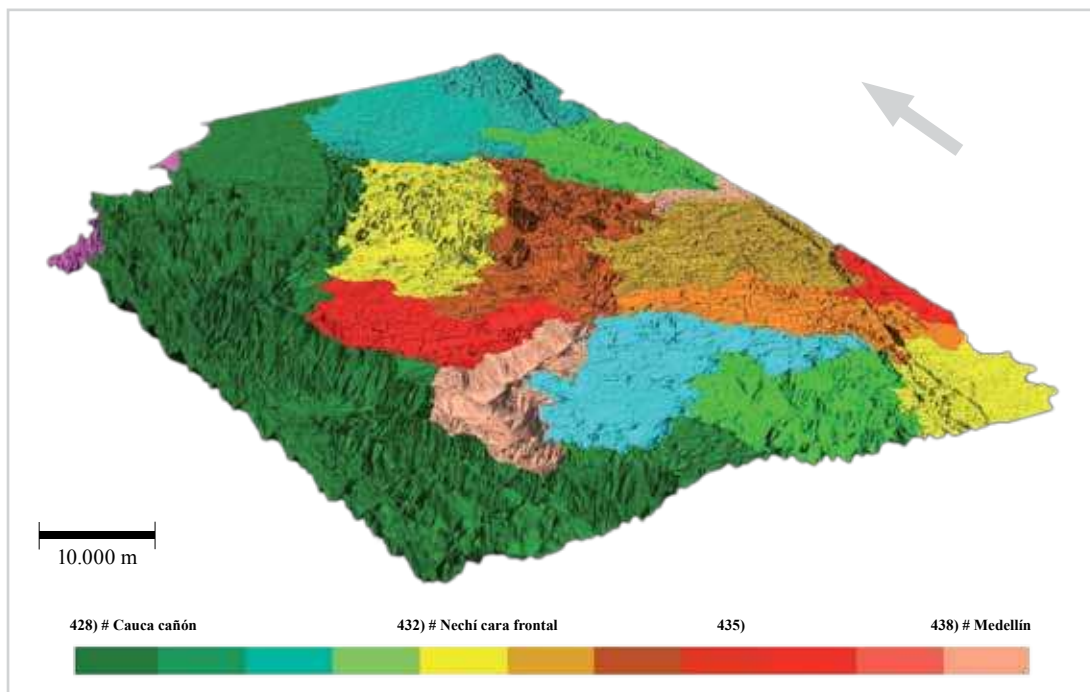
Como hipótesis es factible suponer la existencia previa de paleocorrientes y valles someros en el corredor ocupado actualmente por el cañón lineal profundo del eje fluvial Medellín-Porce.

En síntesis: la orientación espacial de las cuencas de los ríos Porce y Medellín y parcialmente del río Nechí difiere respecto a la orientación de las demás cuencas localizadas en el flanco externo de la cordillera Central. Esta diferencia es el resultado de una generación de nuevas cuencas que interrumpen o capturan a cuencas preexistentes como resultado de avances erosivos remontantes que se inician en la cara frontal de la cordillera Central en el sector de El Bagre-Dos Bocas.

La configuración del eje fluvial Porce-Medellín como un cañón lineal continuo y profundo de amplitud muy constante le permitió un avance eficiente desde su sitio de partida en el piedemonte frontal hasta alcanzar a incidir en el sector del valle de Aburrá.

Figura 5.7.

Distribución espacial de las cuencas de drenaje de la Cordillera Central. Las cuencas de la Cordillera Central presentan una forma ligeramente alargada en sentido NO-SE y un ancho en su sentido NE-SO acorde con el basculamiento regional del cinturón cordillerano. La cuenca del cañón lineal del río Medellín-Porce presenta un alargamiento SO-NE que contrasta con el alargamiento de las demás cuencas; además es una cuenca con una elongación muy pronunciada y las ampliaciones laterales de esta cuenca responden a procesos de capturas de drenaje de las corrientes de los ríos Guadalupe, Grande y Medellín. Las cuencas de los cañones lineales fluyendo 500-1.000 m por debajo de las cuencas de altiplano y con gradientes más pronunciadas pueden capturar partes importantes de la territorialidad de estas últimas.





5.3.5 Pendientes promedias de las cuencas

Las pendientes promedias por cuenca se listan en la tabla 5.2. Los valores obtenidos varían entre 2.6° para cuencas pequeñas, que ocupan la llanura aluvial y la zona de piedemonte del río Atrato, y 26.7° para las partes altas de algunas cuencas tributarias del río Sinú, localizadas en la parte norte de la cordillera Occidental en el límite con el departamento de Córdoba.

Los valores más bajos de la pendiente promedio por cuenca (2.6° a 9.3°) corresponden a cuencas de extensión baja, localizadas en las zonas de los piedemontes y en las partes bajas de los flancos externos. La mayoría de ellas presenta una altitud media por debajo de los 100 msnm y un relieve relativo con valores por debajo de los 100 m, que corresponden a relieves planos y de colinas bajas e intermedias.

Las cuencas con los valores mas altos de pendiente promedio (19.3° a 26.7°) corresponden a las cuencas mayores encajadas en el flanco externo de la cordillera Occidental (cuencas de los ríos Murri y Sucio), la mayoría de las cuencas que tributan al río Cauca y las cuencas de la parte sureste del departamento (Calderas y Samaná). Las cuencas con valores altos de la pendiente promedio presentan los valores de relieve relativo más alto, es decir, existe una relación directa entre ambas variables morfométricas.

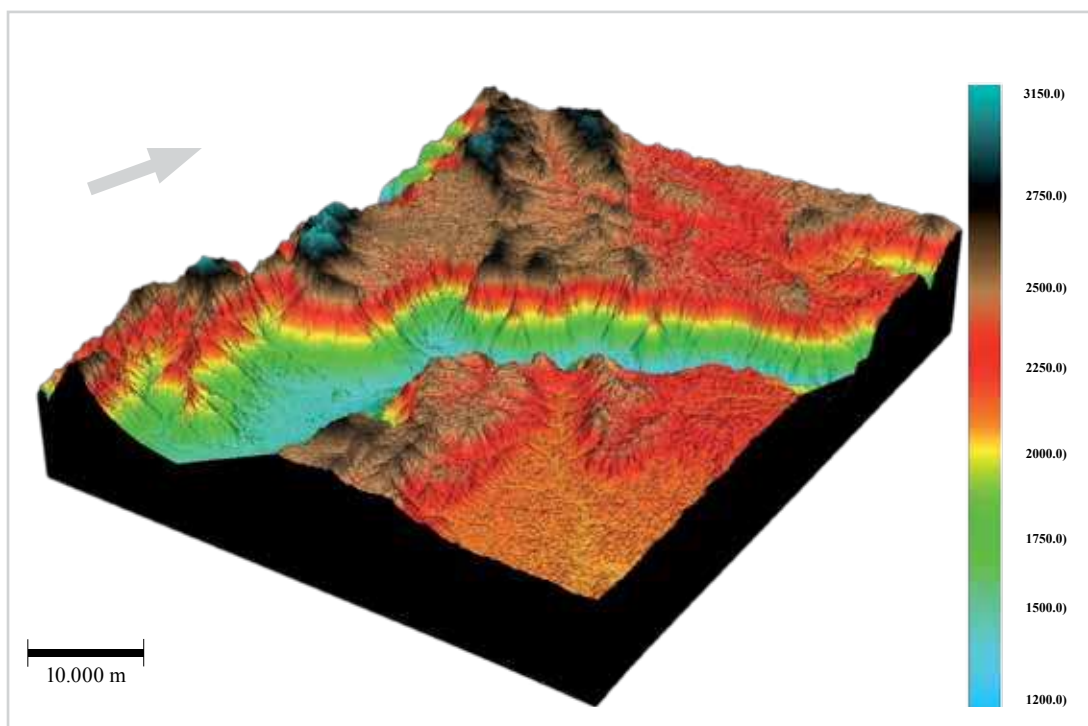
Los valores intermedios de pendiente promedio (10.3° a 17.8°) ocurren en las cuencas del flanco oriental de la cordillera Central y en cuencas menores que ocupan la parte baja del flanco occidental de la cordillera Occidental.

5.3.6 Distribución de los valores de pendiente

En la tabla 5.2 se han reunido los valores de pendiente en tres grupos, a saber: pendientes suaves (de 0° a 9°), pendientes moderadas (de 9° a 23°) y pendientes fuertes (de 23° a pendiente máxima).

Figura 5.8.

Captura de drenaje y valle truncado de la quebrada La Mosca en el Alto de la Sierra (municipio de Guarne). El alargamiento pronunciado de las cuencas de los ríos Medellín-Porce es el resultado de una incisión fluvial vigorosa, un proceso de erosión fluvial remontante y procesos de capturas de drenajes. Este proceso da origen a la existencia de valles truncados, como el indicado en esta imagen para la parte alta del valle de la quebrada La Mosca en cercanías a la población de Guarne.





En 22 cuencas de las 28 cuencas analizadas, uno de los grupos definidos ocupa más del 50% del área de la cuenca.

Las pendientes suaves predominan en las cuencas siguientes: Necoclí-Turbo, San Juan de Urabá, Mulatos, León, Chajeadó-Torquidadó, Arquía (afluente del río Atrato), el sector de la cuenca del río Nechí localizado en la zona de piedemonte, Ité, quebrada La Malena y algunos afluentes cortos del río Magdalena.

Las pendientes moderadas son características de las cuencas del flanco oriental de la cordillera Central (cuencas de los ríos Porce, Grande, Medellín, Tiguí, Alicante, Nus y Nare).

El predominio de pendientes pronunciadas ocurre en la cuenca del río Sucio, en la cuenca del río Samaná en los límites con el departamento de Caldas y en las cuencas altas de los tributarios del río Sinú en jurisdicción del departamento de Antioquia.

En las cuencas de los ríos Murri y Calderas y en la mayoría de las cuencas tributarias del río Cauca la sumatoria de las pendientes moderadas y fuertes ocupa más del 80% de la extensión de ellas.

5.3.7 Relaciones entre variables morfométricas

A la escala de cuencas mayores del departamento, las cuencas con valores de relieve relativo más alto presentan igualmente los valores más altos de pendiente promedio. Los incrementos en la magnitud de la disección van acompañados de incrementos en la inclinación de las vertientes de las cuencas; sin embargo, la densidad de drenaje (km/km^2) presenta variaciones mínimas entre cuencas.

A otra escala espacial de análisis, se presentan diferencias importantes en la densidad de la disección: es mayor en los escarpes erosivos regionales y menor en los altiplanos; mayor en los flancos de los cañones lineales modelados en rocas metamórficas y menor en aquéllos modelados en las rocas graníticas del batolito antioqueño.

El predominio de pendientes moderadas ocurre en las cuencas cuyo relieve es de carácter colinado; esta situación es válida para la mayoría de las cuencas del flanco oriental de la cordillera Central.

En correspondencia con lo anterior, las cuencas con relieve montañoso presentan un predominio de pendientes fuertes o en ellas las pendientes moderadas y fuertes representan más del 80% de su extensión.

5.3.8 Levantamiento tectónico y distribución espacial de cuencas

Los levantamientos tectónicos diferenciales (basculantes) en diferentes sectores de las cordilleras Central y Occidental son puestos en evidencia en la distribución espacial y atributos morfométricos de las cuencas.

El levantamiento diferencial de un cinturón cordillerano genera una asimetría marcada de sus flancos:

- Un flanco corto con una gradiente altitudinal pronunciada. En ellos se encajan cuencas cortas cuyo frente de erosión remontante avanza con dificultad pero genera un relieve de disección profunda.
- El flanco opuesto es más largo y con una gradiente altitudinal más baja. En ellos se encajan cuencas muy largas que armonizan con la pendiente regional. El avance remontante es muy eficiente y ocupa la totalidad del flanco; este avance eficiente se corresponde con un grado de disección bajo, que modela relieves colinados o cañones lineales profundos.



La primera situación se configura en la mayoría de las cuencas tributarias del río Cauca en tanto que la segunda situación es característica del flanco oriental de la cordillera Central.

Un ejemplo típico de esta situación corresponde con la comparación de los frentes de erosión de los ríos Nechí y el río Grande en su relación con el altiplano Santa Rosa de Osos (ASRO).

97

El ASRO hace parte de un segmento cordillerano basculado al sureste; por lo tanto, el frente de erosión del río Nechí avanza del norte hacia el sur por la zona en la cual la gradiente altitudinal es más pronunciada, mientras que el frente de erosión del río Grande está en sentido opuesto, siguiendo el sentido de la pendiente regional más suave.

El primer frente modela un relieve montañoso de disección profunda en tanto que en el caso del río Grande modela inicialmente el cañón lineal de Mocatoro y luego se transforma en un frente amplio con disección densa pero de poca profundidad, que incorpora así el funcionamiento hidrológico de la mayor parte de los terrenos del ASRO.

Esta asimetría en la distribución espacial de las cuencas de drenaje mayores y de sus parámetros morfométricos se utilizará para identificar mecanismos de levantamiento diferencial en las diferentes unidades morfoestructurales de las cordilleras Central y Occidental.

5.3.9 Regularidades en la morfología de las cuencas

La evaluación morfométrica de las cuencas mayores del departamento permite establecer algunas regularidades de carácter general en su configuración mórfica.

Las cuencas mayores en el flanco oriental de la cordillera Central y en el flanco occidental de la cordillera Occidental preservan en su encajamiento la estructura escalonada de estos flancos; ello implica un encajamiento de estas unidades sin modificación importante de la unidad mayor de relieve que las alberga.

Para el caso de la cuenca del río Murri en la cordillera Occidental, el histograma de altitudes muestra tres picos bien definidos en estos rangos: de 198 a 395 msnm, de 789 a 986 msnm y de 2168 a 2365 msnm, correspondientes respectivamente a la zona de piedemonte, a la zona del corredor Murri-Mandé y a la zona del eje de la cordillera.

En este sentido, los histogramas de altitud de las diferentes cuencas brindan una imagen adecuada de la estructura altitudinal al interior de ellas. El estudio de los histogramas permite definir los siguientes patrones:

Las altitudes bajas tienen un peso porcentual mayor y éste disminuye sistemáticamente con los incrementos en la altitud. Corresponde a cuencas que tienen una extensión importante en zonas de piedemonte y una extensión menor dentro de los cinturones cordilleranos. El cañón del río Cauca, desde la población de Nechí hasta el sector de Bolombolo, presenta esta configuración.

Histogramas con un pico bien definido hacia la parte media del rango altitudinal. En este caso tanto las altitudes menores y mayores presentan un peso porcentual que las altitudes medias. Se presenta en la margen derecha de la cuenca del río Arma (jurisdicción de Antioquia). Se trata de cuencas encañonadas que presentan remanentes de altiplanos en su parte media; en este caso, el pico de las altitudes expresa la existencia del altiplano de Abejorral.

Histogramas polimodales. Corresponden al histograma más común en las cuencas mayores del departamento. Estos histogramas reflejan la estructura escalonada de los flancos externos de ambas cordilleras. Un escalonamiento pronunciado con la presencia de al menos cinco peldaños bien definidos se presenta en las cuencas de los ríos Nare y San Bartolomé-Alicante, bien representados en sus respectivos histogramas.

Para el caso de la cuenca del río Nare, el peso porcentual de los picos aumenta sistemáticamente con la altitud y se puede diferenciar claramente la estructura de bloques tectónicos levantados en las partes bajas y altiplanos extensos en las partes más elevadas del flanco de la cordillera (figuras 5.9 y 2.10).

Histograma con forma de meseta. Corresponde a una situación en la cual tanto las altitudes bajas como las altitudes superiores presentan pesos porcentuales menores y muy cambiantes mientras que un rango amplio de altitudes intermedias presenta pesos porcentuales muy similares. Es el histograma característico de las cuencas con unas disecciones profundas y divisorias amplias o de los relieves montañosos típicos. Este tipo de histograma lo presentan las cuencas localizadas al norte del río Sucio en la cordillera Occidental, parte de la cuenca del río Nechí ubicada en la cara frontal de la cordillera Central y las cuencas montañosas de los ríos Samaná, Samaná Norte y Calderas.

Las cuencas encajadas en los flancos externos de ambas cordilleras presentan una relación longitud / amplitud máxima (L/A) del orden de 1:3 a 1:5 en tanto que existen cuencas con un alargamiento pronunciado, cuya relación L/A es mayor a 1:7. (abla 5.2). Presentan alargamiento pronunciado las cuencas de los ríos Cauca, Medellín y Porce.

En la cordillera Central, el contraste en los valores de L/A corresponde con dos generaciones de cuencas diferentes. Las cuencas alargadas son una generación más reciente, que modifica el ordenamiento fluvial precedente a través de procesos de captura de cuencas y de interrupción de redes fluviales, evidente en la existencia de los valles truncados de la quebrada La Mosca, en jurisdicción de Guarne, y del río Nus, en el sector del alto de La Quebra, en jurisdicción de Cisneros.

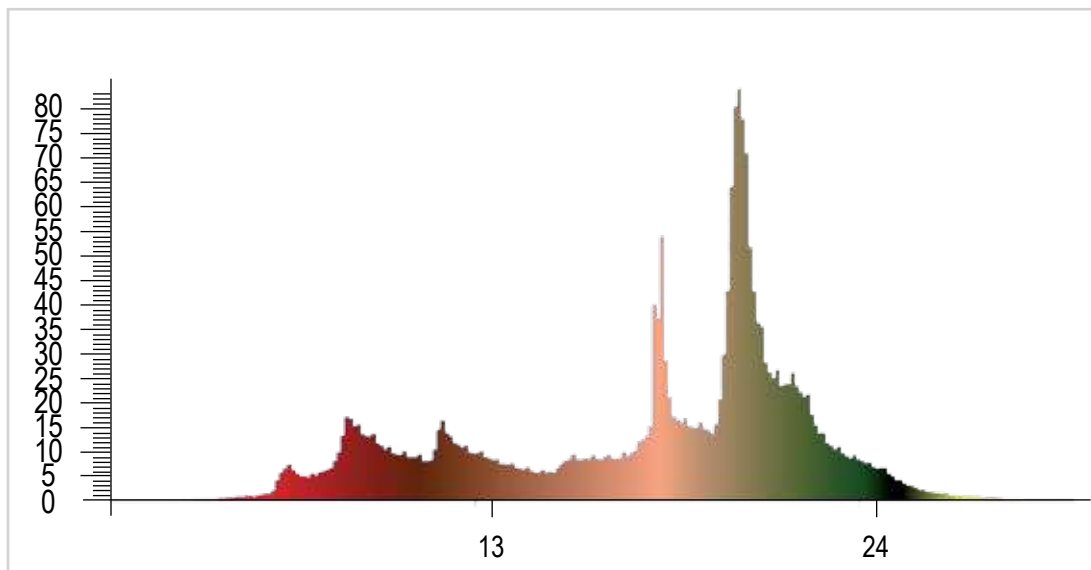
6. Clasificación del relieve de Antioquia

6.1 Introducción

La clasificación de las formas de la superficie terrestre implica tener presente una escala espacial de referencia. Las unidades de relieve pertinentes para una escala espacial dada constituyen unidades me-

Figura 5.9.

Histograma polimodal de altitud en la cuenca de los ríos Negro-Nare. El histograma polimodal de las altitudes expresa la estructura escalonada del flanco oriental de la cordillera Central. En esta cuenca se pueden diferenciar por cinco niveles en el escalonamiento. Los escalones más bajos se localizan por debajo de los 1.300 msnm, mientras los peldaños más extensos se localizan a 1.800 msnm para el altiplano “Embalse El Peñol” y a 2200 msnm para el altiplano de Rionegro.





nores cuando se toma una escala mayor e igualmente se pueden subdividir cuando se adoptan escalas más detalladas. La organización de las formas del relieve en una región es un ordenamiento espacial y temporal de carácter abierto, susceptible de integrarse como “partes” en otra clasificación de mayor jerarquía; de igual manera las unidades se convierten en “todos” factibles de ser subdivididas en unidades de menor rango.

La organización espacial permite identificar un conjunto de estructuras mórficas mayores, tipos de relieves y geoformas factibles de agrupar en jerarquías espaciales, en las que las unidades de menor rango encajan en las unidades de mayor rango, a la manera de “las partes” de “un todo”.

Un cañón lineal bastante largo, como el de los ríos Medellín y Porce, se puede subdividir en segmentos morfológicamente homogéneos y diferentes entre sí. Un segmento puede presentar una sección transversal “en V” mientras que otra sección contigua puede tener un fondo de valle colinado con colinas equialitudinales o un fondo plano de acumulación constituido por una llanura aluvial y un sistema de terrazas.

En otro contexto espacial mayor, un cinturón cordillerano como el de la cordillera Central en Antioquia se puede subdividir en segmentos diferentes, siempre y cuando los criterios de diferenciación sean pertinentes para comprender su génesis y evolución. De este modo, un cinturón cordillerano puede estar compuesto por una sucesión de segmentos, de manera que cada uno de ellos constituya una morfoestructura con identidad propia. Una morfoestructura expresa una interrelación diferente entre el proceso y el mecanismo de levantamiento tectónico del corredor, por un lado, y la respuesta de los procesos exogénicos que configuran frentes de erosión, por otro.

El ordenamiento temporal se fundamenta en el principio axiomático de considerar el relieve total de una región como un conjunto de generaciones de relieve con génesis y edades diferentes. De la misma manera que la columna estratigráfica expresa el ordenamiento temporal de las litologías, resulta pertinente levantar una especie de “columna estratigráfica del relieve”.

Tomando como referente espacial la jurisdicción departamental, la clasificación propuesta se desarrolla en cuatro niveles jerárquicos espaciales:

- Un nivel superior de unidades geomorfológicas mayores o fisiográficas.
- Un nivel de unidades morfoestructurales.
- Un nivel de tipos de relieve mayores.
- Un nivel de tipos de relieve intermedios.

El ordenador de mayor jerarquía referencia la configuración geomórfica general; ésta reúne los efectos combinados del control morfoestructural (segundo orden), es decir, la influencia de los procesos endógenos del tectonismo y el volcanismo y de los procesos morfodinámicos exogénicos o externos (tercer orden). Con el nomenclador de cuarto orden se pretende mostrar en algunos casos los mecanismos y procesos de autodiferenciación de los relieves mayores en lo que se ha denominado relieves intermedios.

Algunas estructuras del relieve permiten la diferenciación de cuarto orden e incluso podría continuarse a otros niveles de menor jerarquía; esta situación resulta pertinente para los relieves de la cordillera Central, en los que existe un conjunto numeroso de paleorrelieves bien preservados y la autodiferenciación de los relieves es muy notoria.

Los altiplanos y los cañones lineales de la cordillera Central corresponden a unidades de relieve de tercer orden; el comportamiento morfogenético en ellos permite establecer clasificaciones de cuarto orden e incluso de orden menor (tabla 6.2).



Las unidades de cuarto orden se establecen con base en un ordenamiento temporal para el caso del sistema escalonado de altiplanos y con base en el mecanismo de autodiferenciación inherente a los comportamientos de los procesos de superficie (meteorización, remoción, transporte y depositación) para el caso de los cañones lineales.

En el caso de unidades de relieve con una morfodinámica actual y reciente muy intensa se genera una especie de simplificación y homogeneidad en la estructura del relieve; esta situación ocurre en el Triángulo montañoso tropical (TMT), una unidad morfoestructural de segundo orden en la cordillera Occidental. En este caso, las unidades de tercer orden presentan algunas diferencias secundarias en cuanto al mecanismo de disección de las vertientes, manifiesto en un desarrollo incipiente de franjas colinadas estrechas hacia la parte inferior de las vertientes montañosas, en tanto que las unidades de cuarto orden se orientan a establecer, a manera de hipótesis, diferencias entre los balances de meteorización-remoción-transporte-depositación en las diferentes partes de las vertientes montañosas. Para las franjas de relieve colinado se establece la separación entre relieves denudativos (colinas) y relieves de acumulación (terrazas y llanuras aluviales discontinuas).

Las unidades geomorfológicas mayores en el relieve del departamento de Antioquia corresponden a:

- Las zonas de piedemonte
- La cordillera Occidental
- El cañón del río Cauca
- La cordillera Central

La definición de unidades de relieve lleva implícita una discusión acerca de la naturaleza y las características de los límites entre ellas. El límite entre las zonas de piedemonte y la parte inferior de los flancos de las cordilleras es un ejemplo de ello.

En la parte occidental de la cordillera Occidental se tiene un límite de carácter estructural, es decir, tajante entre piedemonte y flanco. En la cara frontal de la cordillera Central, en cambio, el límite corresponde a zona estrecha de transición.

Las características del límite entre unidades geomorfológicas es un tema de discusión amplia; no se puede asociar siempre el límite entre unidades con la existencia de líneas tajantes. Sin embargo, una característica del relieve en el departamento de Antioquia es la presencia frecuente de límites tajantes; el sistema escalonado de altiplanos de la cordillera Central establece límites tajantes con los cañones lineales que los interrumpen.

En el caso de las unidades geomorfológicas de mayor rango surge otro problema de clasificación. Al considerar como unidades mayores las cordilleras Occidental y Central, de una parte, y el cañón del río Cauca, de otra, se podrá argumentar la existencia de una reiteración innecesaria. El cañón está constituido por flancos cordilleranos. Si se reafirma la unidad geomorfológica del cañón del río Cauca, los cinturones cordilleranos quedarían referenciados al flanco oriental de la cordillera Central y al flanco occidental de la cordillera Occidental.

En el desarrollo de esta propuesta se postulan las unidades fisiográficas mayores como objetos naturales integrales, los cuales pueden compartir algunas componentes. Por lo tanto, la referencia a cinturones cordilleranos y a valles inter-andinos es pertinente para la reflexión aunque genere algunos problemas de carácter cartográfico.

La clasificación del relieve de Antioquia se realiza con tres fuentes mayores de información: la geomorfometría, la condición climática y el marco geológico-estructural.



La información geomorfológica se centra en los valores, frecuencias y distribución espacial de las variables de altitud, relieve relativo, pendientes y grado de disección del terreno. Se incorpora igualmente, la distribución espacial y forma de las cuencas de drenaje; estos aspectos se han descrito en los numerales precedentes.

La información geológica disponible de la región se sintetiza en la memoria explicativa del mapa geológico del departamento de Antioquia, referenciada como Ingeominas (2001). Numerosos artículos publicados en el Boletín de Ciencias de la Tierra de la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, abordan temas específicos de gran utilidad para la elaboración de la presente propuesta.

6.2 Morfología de los cinturones cordilleranos

Los cinturones cordilleranos a las escalas global y regional corresponden a franjas alargadas de terreno, continuas o discontinuas, de amplitud variable, que sobresalen altitudinalmente respecto de las tierras bajas adyacentes.

En el caso de los Andes de Suramérica se tiene una unidad mayor del relieve, cuya longitud se inscribe en la escala de 103 km y su amplitud en la escala de 102 km. En los Andes colombianos el cinturón cordillerano se subdivide en tres corredores separados por valles amplios, considerados por algunos autores como depresiones tectónicas inter-andinas.

Conceptualmente, resulta más adecuado referir estos relieves como cinturones cordilleranos y no como cadenas montañosas, dado que en ellos se presenta un mosaico de relieves muy diversos. A lo largo de los Andes, el relieve montañoso típico se presenta en los flancos de estos edificios pero persisten en sus ejes relieves planos, ondulados y colinados, especialmente en el altiplano boliviano pero igualmente en los Andes colombianos.

La morfometría de los cinturones se puede estudiar tomando como referentes su sección transversal, el perfil longitudinal a lo largo del eje regional de divisoria de aguas, y la ubicación espacial de este eje y la del eje de simetría del cinturón.

La morfometría de los cinturones cordilleranos es la resultante de la interrelación entre procesos endógenos y procesos exógenos. Los procesos endógenos son los mecanismos de levantamiento tectónico, la actividad volcánica y las características de la geología del cinturón. Los dos primeros juegan un papel activo mientras el tercero lo hace de manera pasiva.

El proceso exógeno más importante corresponde al mecanismo de avance remontante de los frentes de erosión de las redes de drenaje desde las tierras bajas adyacentes.

A escala más local, los movimientos tectónicos verticales en las fallas localizadas en las partes bajas de los flancos inducen movimientos diferenciales que afectan la configuración del relieve.

La descripción morfométrica de los cinturones cordilleranos constituye un referente para establecer su zonificación morfoestructural. Los cambios de patrones de las secciones transversales y longitudinales, cuando se combinan con la información geológica y estructural (sistemas de fallas), permiten identificar comportamientos endógenos y exógenos diferentes para tramos distintos de un mismo cinturón. De este modo, la morfometría pone en evidencia la combinación de unas historias morfoestructurales diversas en diferentes segmentos de los cinturones cordilleranos.

6.2.1 Patrones para la sección transversal

De acuerdo con la forma de la sección transversal se pueden definir los siguientes patrones:

- Triangular.



- Trapezoidal.
- De segmento o bloque basculado.

Los elementos mórficos constitutivos de estos patrones se presentan en la tabla 6.1.

Patrón triangular

El cinturón presenta dos flancos de longitud e inclinación similares, que confluyen en un punto superior. Este punto hace parte del eje de simetría del cinturón; el eje de simetría y el eje regional de aguas coinciden aproximadamente. La superposición espacial de ambos ejes hace de estos cinturones estructuras mórficas con una simetría axial bien definida. La referencia geométrica pertinente sería la de un triángulo isósceles.

La parte inferior de los flancos opuestos puede ubicarse en rangos altitudinales similares o puede existir un desnivel marcado; esta última situación se presenta para las cordilleras Central y Occidental. Un patrón triangular puede presentarse cuando el mecanismo de levantamiento es muy uniforme en el cinturón y los frentes de erosión laterales remontan desde las tierras bajas adyacentes a ritmos muy similares hasta confluir en la cima del edificio.

En los Andes colombianos esta configuración es el resultado de dos trayectorias evolutivas diferentes:

- En unos casos es el resultado de la construcción de edificios volcánicos sobre un cinturón cordillerano con un patrón trapezoidal precedente. La configuración geológica y geomorfológica de la cordillera Central en el sector de Aranzazu-Manizales es un testimonio adecuado de ello. La configuración triangular involucra la construcción de un edificio volcánico sobre una antigua superficie de erosión que ocupaba previamente el eje del cinturón cordillerano. De este modo, la actividad volcánica actual en esta parte de la cordillera Central transforma una sección transversal trapezoidal precedente en una sección triangular actual.
- En otros casos –en ausencia de edificios volcánicos plio-cuaternarios– la configuración piramidal es el resultado de una incisión fluvial vigorosa y profunda y un avance remontante eficiente de los frentes de erosión laterales, de modo tal que confluyen en la línea de cresta de la cordillera. En estos casos, la configuración piramidal corresponde a un estado de evolución mórfica más avanzado respecto a la configuración de tipo trapezoidal.

Patrón trapezoidal

El patrón trapezoidal permite diferenciar dos flancos laterales y una cima amplia de extensión variable dentro de la cual se encuentran el eje de simetría y el eje de divisoria regional de aguas. En una revisión general de la morfología de los cinturones cordilleranos a escala global, Ollier & Pain (2000) consideran a este patrón como el dominante en el sistema global de cinturones cordilleranos.

Tabla 6.1

Componentes de los patrones de la sección transversal de los cinturones cordilleranos.

Patrón	Flancos	Cima Central
Triangular	Dos con longitud e inclinación similar	X
Trapezoidal simétrico	Dos con longitud e inclinación similar	Una cima equialtitudinal
Trapezoidal asimétrico	Dos con longitud e inclinación diferenciales	Una cima basculada
Corredor basculado	Dos de longitud e inclinación muy contrastada	X
Bloque basculado	Cuerpo cordillerano con más de dos flancos laterales	Puede tener o no un sector central de cima



El avance en sentido opuesto de los frentes de erosión laterales permite configurar unos patrones de disección profundos y recientes, es decir, un relieve de tipo montañoso, circunscrito a las zonas de los flancos. La incorporación funcional de las redes de drenaje de la parte de la cima se produce a través de mecanismos de captura de redes de drenaje.

La evaluación de la simetría del patrón trapezoidal incorpora elementos tales como la distribución espacial de la altitud en la zona de cima central, la longitud de sus flancos y la posición altitudinal de la base de éstos.

En un patrón trapezoidal simétrico, la distribución altitudinal en la cima es muy similar a lado y lado del eje de divisoria regional de aguas en tanto que en un patrón trapezoidal asimétrico este eje se desplaza hacia la corona de uno de los flancos.

Un patrón trapezoidal simétrico se presenta en la cordillera Oriental en gran parte del altiplano cundi-boyacense; en este caso, el altiplano ocupa la parte central superior de la cordillera, con un relieve de cerros alargados separados por zonas planas de acumulación de sedimentos plio-cuaternarios.

Algunos estudios geomorfológicos detallados postulan que las zonas de cima de los patrones trapezoidales corresponden en unos casos a una antigua superficie de erosión regional formada con antelación al proceso de levantamiento de las cordilleras y afectada por procesos de incisión fluvial entre mínimos y moderados durante la fase de levantamiento.

En otros casos, las zonas de cima deprimidas se asocian con depresiones tectónicas colmatadas por una sedimentación abundante para formar rellenos aluviales y lacustres espesos y superficies de acumulación bien preservadas; esta situación puede asociarse en parte con los rellenos en el sector de la sabana de Bogotá.

Finalmente, en otros casos las depresiones centrales de las cordilleras se colmatan con materiales volcánicos y vulcano-clásticos como ocurre en el sector del altiplano nariñense.

Patrón de segmento o bloque basculado

Un segmento basculado es el resultado de procesos de levantamiento tectónico diferenciales en los bordes laterales. Esto induce una asimetría altitudinal pronunciada del cinturón con un flanco muy largo y pendientes moderadas y otro flanco de longitud corta y pendientes mayores.

En estos segmentos o corredores cordilleranos la sección transversal corresponde a un triángulo escaleno y la componente de cima está ausente.

La presencia de bloques cordilleranos aplica cuando se encuentran separados espacialmente del cinturón. La Sierra Nevada de Santa Marta puede constituir un ejemplo adecuado, máxime si se tiene presente que su constitución geológica guarda similitud con la de la cordillera Central.

La separación del bloque respecto del cinturón cordillerano puede ser parcial y resultado del avance remontante de dos frentes de erosión de sentido opuesto con una incisión fluvial amplia y profunda.

La presencia de corredores basculados caracteriza la mayor parte de la cordillera Occidental en Colombia y de la cordillera Central en Antioquia.

Dentro de cada uno de los patrones precedentes debe considerarse la presencia o la ausencia de estructuras escalonadas del relieve que pueden ocupar las cimas o los flancos de ellos.

6.2.2 Perfil longitudinal de los cinturones cordilleranos

La línea que conecta los puntos de mayor altitud de un conjunto numeroso de secciones transversales corresponde al eje de divisoria regional de aguas de los cinturones cordilleranos.



Esta línea coincide aproximadamente con el eje de simetría en el caso de cinturones cordilleranos muy simétricos y se distancia considerablemente en el caso de cinturones asimétricos.

La forma de este perfil contribuye a identificar la presencia de cinturones basculados en su sentido longitudinal y a identificar segmentaciones parciales o marcadas de los cinturones.

6.2.3 Factores condicionantes de los perfiles transversal y longitudinal

La forma de los perfiles transversales y longitudinales de los cinturones cordilleranos es una resultante de la interacción e interrelación entre comportamientos endógenos y comportamientos exógenos.

Entre los procesos internos más importantes están:

- El mecanismo de levantamiento de los cinturones a escala amplia.
- Los movimientos tectónicos horizontales y verticales en los planos de falla.
- Los procesos volcánicos.

En el caso de los procesos exógenos, los procesos de remoción y la configuración y trayectoria de los frentes de erosión a lo largo de las redes de drenaje constituyen los elementos más importantes para tener en consideración.

6.2.4. Importancia de la forma

La forma de los cinturones cordilleranos es la resultante de una interrelación entre los mecanismos del proceso de levantamiento y la respuesta de los procesos exógenos de superficie. Los cambios de forma de los cinturones cordilleranos de unos tramos a otros son muy frecuentes (Ollier & Paine, 2000). El cambio en la forma de los perfiles transversales y longitudinales puede ocurrir a la escala de las decenas, centenas o de miles de kilómetros y cada vez es más claro, merced al uso de herramientas más precisas, que ocurren cambios en cada una de estas escalas longitudinales.

Las variaciones espaciales en los patrones de forma de los edificios cordilleranos constituyen el soporte inicial para una zonificación morfoestructural de éstos; esta información debe complementarse con el conocimiento de las estructuras geológicas mayores, especialmente los mapas de la tectónica regional.

Los cambios de forma de un tramo a otro permiten una subdivisión en segmentos y bloques pero ante todo permiten comprender que la continuidad espacial de un cinturón no es garantía de una historia homogénea en todo su recorrido.

6.3 Zonificación del relieve

En la tabla 6.2 se presenta la zonificación para el relieve de Antioquia en correspondencia con los referentes previamente mencionados.

El relieve de Antioquia en su configuración más general está constituido por dos cinturones cordilleranos, las cordilleras Occidental y Central, y por tres valles interandinos mayores, el valle del río Atrato, el cañón del río Cauca y el valle del río Magdalena.

Adicionalmente, se presentan en los extremos terminales de ambas cordilleras dos serranías: la Serranía de Abibe, en el extremo noroccidental de la cordillera Occidental, y la de San Lucas, en el extremo nororiental de la cordillera Central.



Desde el punto de vista geográfico, las dos cordilleras constituyen una parte de la continuidad norte de los Andes colombianos. Desde el punto de vista geológico-estructural y geomorfológico, cada cordillera no es una unidad genética, como tampoco lo son los valles que las separan. Las cordilleras de los Andes colombianos, al igual que los valles interandinos que las separan, se pueden separar en segmentos diferentes según su configuración interna (geológico-estructural) y según su morfología.

Las diferencias morfológicas más pronunciadas se presentan en la cordillera Central: la mayor parte de este corredor en Antioquia es bastante amplio, con un sistema escalonado de superficies de erosión levantadas que configuran un segmento cordillerano asimétrico con un basculamiento regional hacia el sureste. Cerca al límite con el departamento de Caldas, la configuración cambia a otra constituida por una secuencia de segmentos simétricos de tipo triangular en unos tramos y trapezoidal en otros.

El cambio de un patrón a otro coincide con un lineamiento geográfico marcado correspondiente al recorrido final del río Arma y al corredor del cañón del río Cauca entre La Pintada y Bolombolo. Garcés et al (2003) postulan la falla de La Pintada para este lineamiento y afirman que su continuidad sureste marca un límite en el comportamiento del sistema de falla de Palestina en dos bloques estructurales. En el mapa geológico de Colombia (Ingeominas, 2006), este lineamiento se incorpora como una falla con desplazamiento sinestrolateral pero se la limita al flanco occidental de la cordillera Central.

La subdivisión de cada cinturón cordillerano en segmentos y bloques se realiza de acuerdo con las características de sus secciones transversales y longitudinales, como se describe al inicio de este acápite. La forma general de los segmentos identificados expresa las diferentes combinaciones que se dan entre los factores tectónicos y de remoción en diferentes partes de los Andes colombianos. En esta parte del trabajo, la reflexión se circunscribe a la parte más al norte de los Andes en jurisdicción del departamento de Antioquia.

Para el caso de los tres valles interandinos, la situación es similar a lo planteado para los cinturones cordilleranos, es decir, no constituyen unidades homogéneas; dentro de cada uno de ellos es válida la consideración de segmentos diferentes.

6.3.1. Piedemontes

Los relieves de piedemonte se localizan en la parte inferior de los flancos externos y de la cara frontal de las cordilleras Central y Occidental. Corresponden a ámbitos de depositación de una parte de los materiales removidos y transportados desde las cordilleras durante el Plioceno y el Cuaternario.

En el departamento de Antioquia, la persistencia durante el Neógeno y el Cuaternario de ámbitos de depositación continuada se presentan hacia los valles de los ríos Atrato, Magdalena y hacia la región del Bajo Cauca.

En el cañón del río Cauca la configuración de piedemonte se presenta durante la depositación de la formación Amagá (Paleógeno) pero resulta inadecuada dicha caracterización para la sedimentación durante el Neógeno y el Cuaternario.

Los piedemontes actuales se definen con base en las características del régimen de depositación durante el Cuaternario y las modificaciones de carácter tectónico sobre las formaciones neógenas y cuaternarias. Los patrones de sedimentación durante el Cuaternario son de dos tipos:

- Sistema escalonado de abanicos conectados lateralmente.
- Sistema de terrazas y llanuras aluviales amplias con corredores de relieve colinado que separan las salidas de las corrientes adyacentes.



En el primer caso, las corrientes que descienden de los flancos externos de ambas cordilleras desarrollan sistemas de abanicos aluviales, los cuales se conectan lateralmente para formar una especie de rampa de acumulación con una inclinación de deposición bien definida. Un ejemplo claro de esta situación se presenta en el piedemonte de la Serranía de Abibe entre Mutatá y Turbo, que configura el territorio del denominado eje bananero (figura 6.1).

Tabla 6.2.
Zonificación del relieve de Antioquia

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA MAYOR (UGM): PIEDEMONTES		
Unidad Morfo-Estructural (UM-E)	Relieves Mayores	Relieves Intermedios
Piedemonte externo de la cordillera Occidental (con sedimentación cuaternaria abundante y dislocaciones tectónicas)	Sistema escalonado de abanicos antiguos (cuaternarios)	
	Abanico actual	
	Llanura aluvial permanentemente inundada	
Piedemonte externo de la cordillera Central (con sedimentación cuaternaria moderada y dislocación tectónica)	Relieves colinados modelados en las rocas sedimentarias de la formación Mesa	
	Sistema de terrazas del río Magdalena y sus afluentes	
	Llanura aluvial del río Magdalena y sus afluentes	
Piedemonte en el norte de Urabá (con deformaciones pronunciadas de los sedimentos neógenos)	Relieve colinado con control estructural marcado	Colinas altas
		Colinas intermedias y bajas
	Sistema de terrazas aluviales	
	Llanuras aluviales de las corrientes mayores	
Piedemonte frontal Andino (región del bajo Cauca)	Relieves colinados modelados en diferentes tipos de rocas	Relieves colinados modelados en rocas metamórficas e ígneas
		Relieves colinados modelados en las rocas del Neógeno (formaciones Cauca y Tarazá)
		Relieves colinados modelados en sedimentos aluviales cuaternarios
	Sistema de terrazas aluviales	Terrazas altas
		Terrazas intermedias
		Terrazas bajas
	Llanuras aluviales	Llanura aluvial del río Cauca y sus tributarios
Triángulo Montañoso Tropical (TMT)	Vertientes montañosas	Divisorias y parte superior de las vertientes
		Parte media de las vertientes
		Parte baja de las vertientes
	Relieves colinados y de acumulación en las partes bajas de los cañones ramificados	Colinas
		Terrazas y llanuras aluviales



En el segundo caso, la depositación de los sedimentos transportados por las corrientes que drenan los flancos cordilleranos se distribuye en corredores lineales conformados por un sistema de terrazas y

Tabla 6.2.
Zonificación del relieve de Antioquia

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA MAYOR (UGM): CORDILLERA OCCIDENTAL		
Unidad Morfo-Estructural (UM-E)	Relieves Mayores	Relieves Intermedios
Segmento cordillerano superior (al sur de la falla Uramita, entre Frontino y Jardín)	Relieves montañosos (terrenos que sobresalen respecto a una superficie de erosión muy disectada)	Relieves con herencia glacial
		Relieve montañoso tropical
	Relieves colinados (terrenos de una superficie de erosión muy disectada)	Relieve colinado
		Relieves de acumulación (depósitos fluvio-glaciales, terrazas y llanuras aluviales)
	Relieves montañosos y colinados de las cuencas al sur del lineamiento La Pintada-Bolombolo	Meseta volcano-clástica de Jericó
		Relieves colinados estructurales modelados en las rocas de la formación Combia.
		Relieves colinados y montañosos modelados en las rocas del miembro Urrao, al occidente del río San Juan.
	Escarpe regional inferior	Escarpe con disección fluvial profunda
Segmento cordillerano inferior (entre Murri y Mandé)	Superficie de erosión disectada “Murri-Mandé”	Relieves colinados modelados en rocas graníticas del batolito de Mandé.
		Relieves colinados modelados en las rocas del complejo volcánico de Santa Cecilia - La Equis.
		Sistema de abanicos aluviales antiguos y recientes de distribución amplia.
		Terrazas y llanuras aluviales recientes.
	Cuchilla estructural separadora del piedemonte	
Tramo Puerto Valdivia-Liborina	Relieve de zonas húmedas al norte de Puente Pescadero	Vertientes montañosas
		Relieves colinados dispersos en las partes bajas del cañón
	Relieve de zonas secas al sur de Puente Pescadero	Vertientes montañosas
		Relieves colinados en la parte baja del cañón
Tramo Liborina-Caramanta	Flancos laterales del cañón	Relieves de acumulación (fluviales y gravitacionales)
		Flancos en rocas metamórficas
		Flancos en rocas volcánicas y sedimentarias cretáceas
	Relieve de disección profunda en las partes medias del cañón	Flancos en rocas ígneas
		Flancos en rocas metamórficas
		Flancos en rocas volcánicas y sedimentarias cretáceas
	Relieves colinados y de acumulación de las partes bajas del cañón	Flancos en rocas ígneas
		Relieves colinados en diferentes tipos de rocas
		Sistemas de abanicos aluviales y sistemas de terrazas aluviales.
		Llanuras aluviales de corrientes mayores.



una llanura aluvial relativamente amplia. Entre dos corrientes adyacentes se interpone un relieve colinado modelado en las formaciones sedimentarias neógenas, testimonio de un piedemonte precedente.

La actividad tectónica durante el Plioceno y el Cuaternario es más evidente en las formaciones Neógenas y más sutil en los depósitos cuaternarios; sin embargo, la existencia de estructuras tectónicas en el piedemonte de la cordillera Occidental al valle del río Atrato presenta evidencias mórficas claras, manifestadas en el desarrollo de escarpes bastante largos (de 10 a 15 km) con desniveles del orden de 60 a 70 metros (figuras 6.2 y 6.3).

Las evidencias de perturbaciones tectónicas en las formaciones neógenas de los piedemontes recientes y pasadas corresponden a desplazamientos verticales basculantes y a plegamientos. Al respecto, las formaciones Neógenas se encuentran dislocadas por fallamiento en unos casos y claramente plegadas en el caso de las formaciones sedimentarias ubicadas en el piedemonte del norte de Urabá.

6.3.1.1 Piedemonte externo de la cordillera Occidental

La presencia de un sistema escalonado de abanicos aluviales conectados lateralmente se restringe al piedemonte externo de la cordillera Occidental y la serranía de Abibe.

Estos abanicos se distribuyen altitudinalmente desde el nivel de la llanura aluvial del río Atrato para las partes distales de los abanicos más recientes (de 1 a 5 msnm) hasta alcanzar altitudes del orden de los 380 a los 400 msnm para los remanentes de los abanicos más antiguos. La posición altitudinal de estos últimos constituye un referente de la magnitud de los levantamientos tectónicos durante el Cuaternario.

Figura 6.1

Abanicos aluviales recientes y subrecientes en el piedemonte de la Serranía de Abibe. Un régimen de deposición continua en el piedemonte externo de la cordillera Occidental da origen a un sistema de abanicos aluviales, el más reciente de los cuales no presenta incisión fluvial significativa. Las generaciones más antiguas de abanicos se localizan hacia el borde con la serranía mientras los abanicos más recientes se alejan de dicho borde.

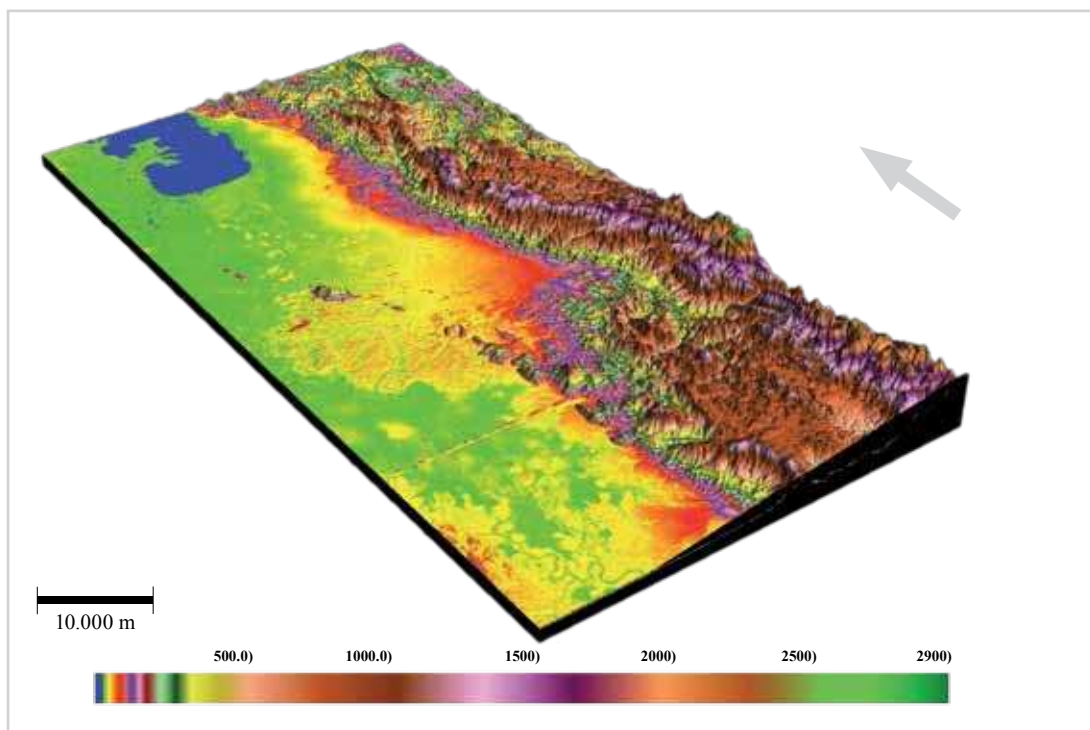




Figura 6.2.

Sistema escalonado de abanicos aluviales disectados y fallados en el piedemonte de la cordillera Occidental al valle del río Atrato. En el piedemonte externo de la cordillera Occidental se combinan, un régimen de depositación, persistente durante el cuaternario manifestado en un sistema escalonado de abanicos aluviales y dislocaciones tectónicas verticales que dan origen a escarpes tectónicos de 40-60 metros de altura cuya continuidad se puede seguir por distancias de 30-40 km.

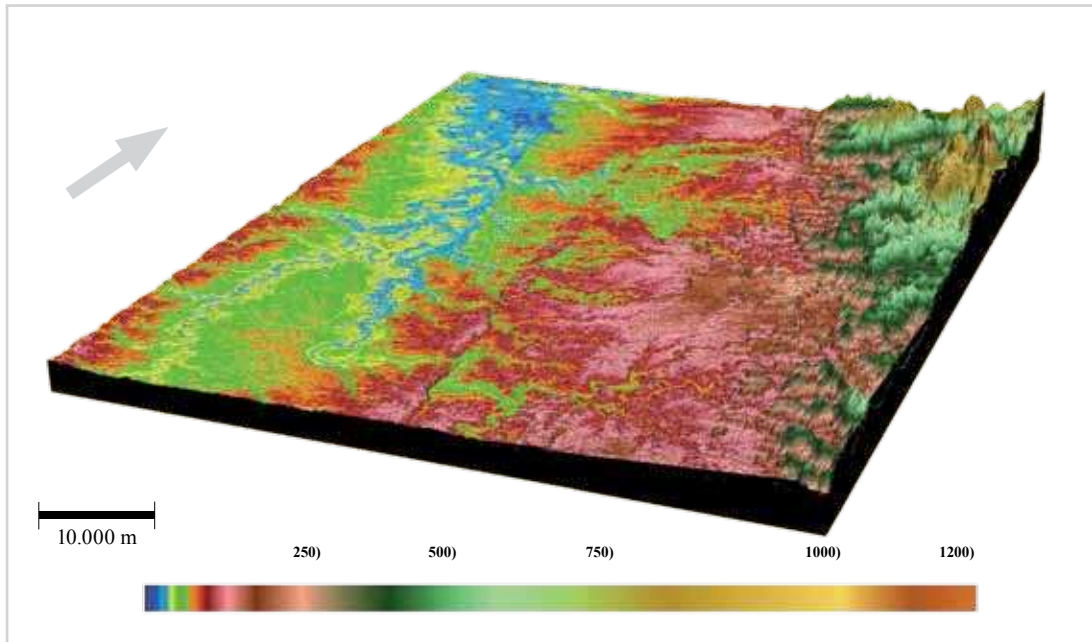
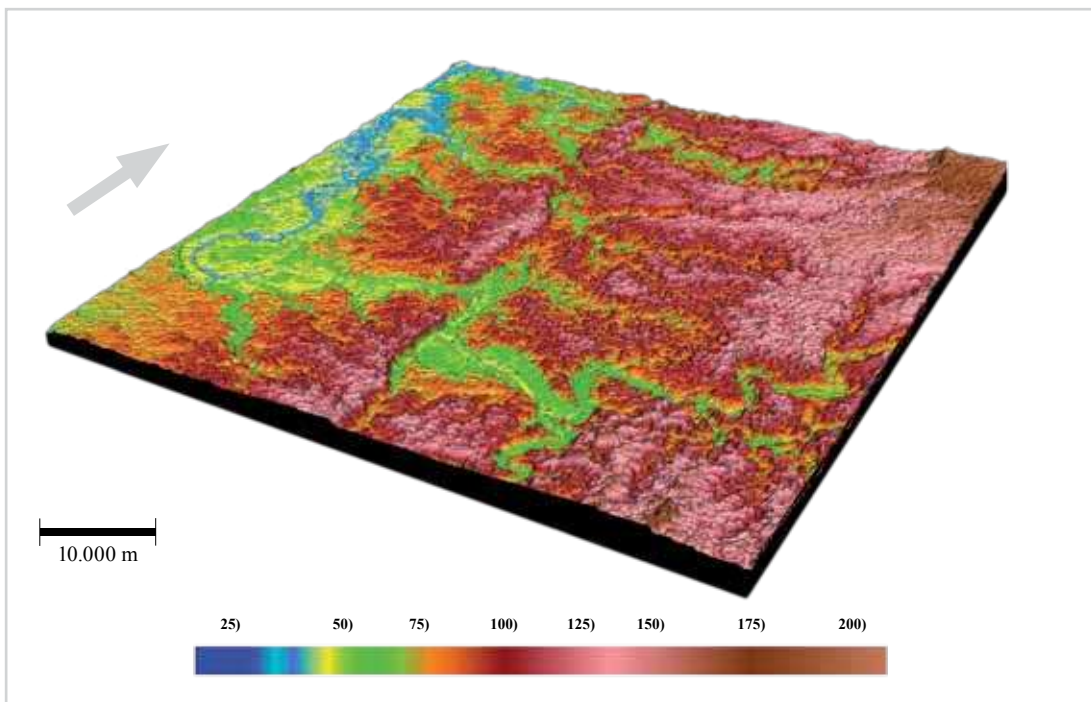


Figura 6.3

Desplazamientos verticales y horizontales de formaciones aluviales recientes y subrecientes por una de las fallas localizadas en el piedemonte externo de la cordillera Occidental. Desplazamiento de la llanura aluvial del río Atrato en su cuenca alta; el escarpe modelado en los abanicos más antiguos presenta una altura máxima de 50-65 metros. El desplazamiento en esta falla produce el levantamiento del bloque occidental y el hundimiento del bloque oriental (detalle de la figura 6.2)





El sistema de abanicos cuaternarios en esta parte presentan una estructura telescópica; los abanicos más antiguos se localizan en el borde interno de la zona de piedemonte, es decir, en la parte proximal y los abanicos más jóvenes hacia la parte más distal. Esta configuración indica la importancia y magnitud de los levantamientos tectónicos en este sector (figuras 6.4 y 6.5).

6.3.1.2 Piedemonte externo de la cordillera Central

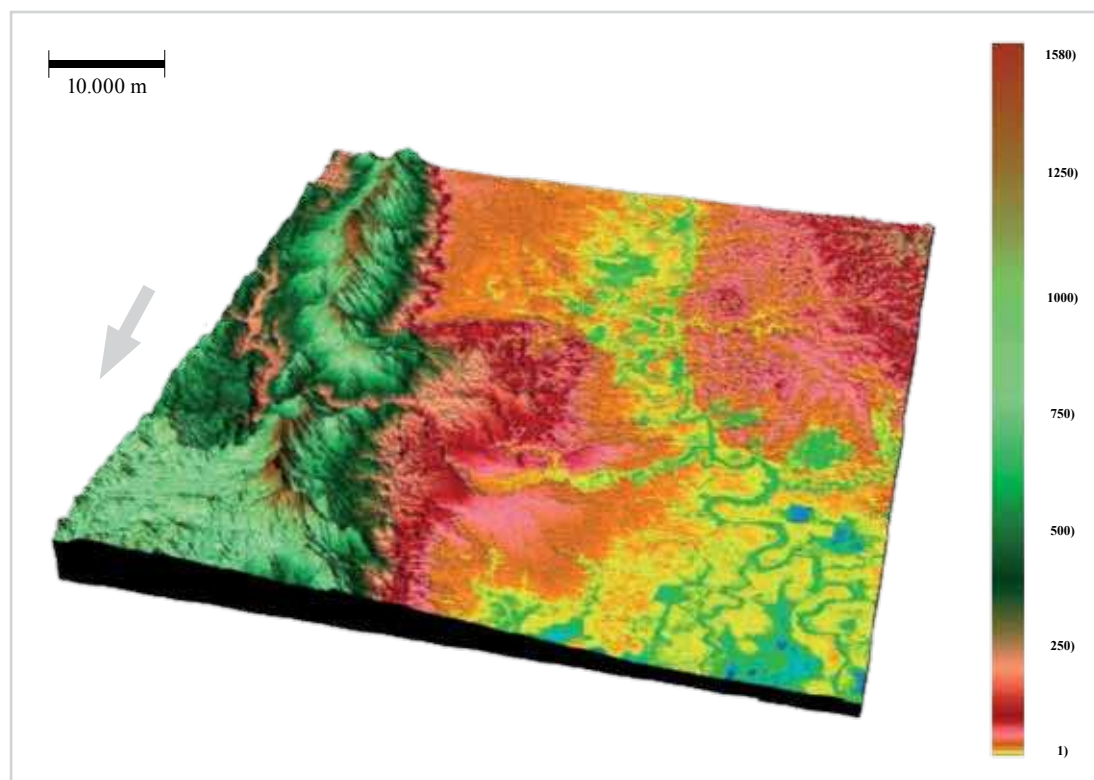
El piedemonte oriental de la cordillera Central en Antioquia está constituido por sedimentos fluviales neógenos poco estudiados; algunos autores los correlacionan con la formación Mesa, localizada más hacia el sur. Sin embargo, en esta última existe un contenido importante de materiales vulcano-clásticos que parecen estar ausentes en los sedimentos de la región de Antioquia.

La sedimentación cuaternaria se presenta a lo largo de los corredores de las corrientes mayores y está representada por sistemas de terrazas y llanuras aluviales relativamente amplias. En este caso no se presentan los sistemas de abanicos aluviales escalonados e interdigitados lateralmente que se observan en el piedemonte al valle de río Atrato.

Las perturbaciones tectónicas son claras en los sedimentos del piedemonte del Plioceno, manifiesta en el desarrollo de estructuras basculadas al oeste como resultado de movimientos verticales diferenciales en las fallas del sistema de falla de Palestina. Los movimientos verticales en estas fallas inducen el levantamiento del bloque oriental y el descenso (hundimiento) del bloque occidental. Este comportamiento geodinámico no está circunscrito a la zona de piedemonte y por el contrario se extiende hacia la parte baja del flanco oriental de la cordillera.

Figura 6.4.

Sistema escalonado de abanicos aluviales en la desembocadura del río Murri al río Atrato. Un sistema numeroso de abanicos aluviales se presenta en el recorrido del río Murri por la zona del piedemonte cordillerano. Los abanicos más antiguos que se localizan en los bordes de la vertiente de la cordillera presentan una disección fluvial densa y poco profunda y muestran evidencias geomorfológicas claras de perturbación tectónica. Los abanicos más recientes presentan disección fluvial de densidad moderada y poco profunda, en ellos no son evidentes las manifestaciones de perturbación tectónica reciente.





La formación Mesa se encuentra dislocada de tal modo que muchos de sus sedimentos presentan un buzamiento al oeste contrario al sentido inicial de su deposición. Estos movimientos han reactivado un comportamiento denudativo y de disección en el piedemonte de tal manera que en los antiguos terrenos planos de deposición de la formación Mesa y sus posibles prolongaciones al norte se configura actualmente un relieve colinado con una disección densa de poca profundidad (figura 6.6).

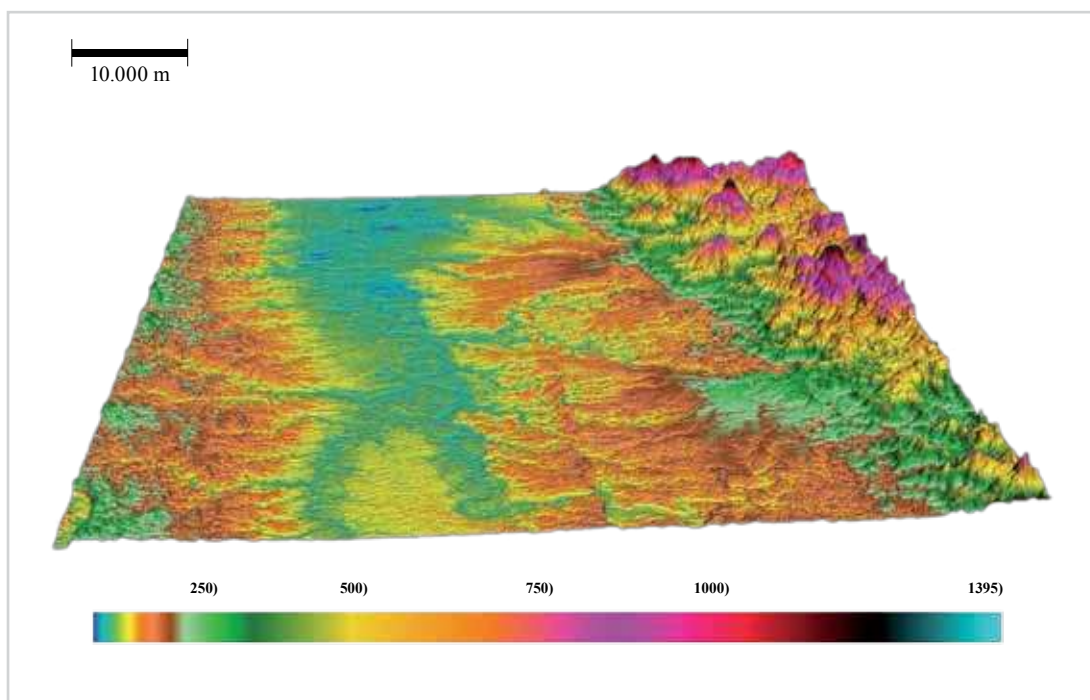
Los afloramientos a mayor altitud de los sedimentos neógenos en la zona de piedemonte se localizan hacia los 300 msnm mientras que la llanura actual del río Magdalena se localiza entre los 80 y los 120 msnm; un desnivel de 180 a 220 m es un indicador de la magnitud de los desplazamientos tectónicos verticales con posterioridad a la deposición de los sedimentos del piedemonte plioceno.

Existen diferencias geomorfológicas marcadas en el piedemonte oriental entre la parte correspondiente al departamento de Antioquia, donde se encuentra el sistema escalonado de altiplanos, y el piedemonte al sur de la desembocadura del río Samaná Norte y su continuidad en el departamento de Caldas. Los cambios más importantes son:

- Las rocas del piedemonte plioceno (formación Mesa) se encuentran hasta alturas del orden de los 1200 msnm en tanto que en la zona de Antioquia alcanzan a los 300 msnm.
- El relieve del flanco oriental de la cordillera en la parte sur del departamento de Antioquia y en el departamento de Caldas es de tipo montañoso mientras que al norte del río Samaná Norte es de tipo colinado.
- La estructura mórfica del piedemonte en la parte sur está conformada por un sistema de abanicos antiguos (pliocenos) con desarrollo de mesas bien conformadas y delimitadas por escarpes

Figura 6.5.

Relaciones espaciales y temporales entre los abanicos aluviales y las dislocaciones tectónicas en el piedemonte externo de la cordillera Occidental. Las relaciones espaciales entre abanicos aluviales y dislocaciones tectónicas permiten diferenciar entre abanicos aluviales con superficie dislocada y aquellos sin dislocación de la superficie. Los abanicos localizados hacia el límite entre cordillera y piedemonte presentan desplazamientos verticales más pronunciados al igual que una mayor disección y erosión.





semiverticales. La depositación durante el Cuaternario persiste con el desarrollo de sistemas de abanicos antiguos y recientes. La morfología de abanicos antiguos (pliocenos) en el sector norte se encuentra muy alterada por una disección densa y poco profunda y los abanicos cuaternarios se restringen a situaciones muy locales (figuras 6.6 y 6.7).

Este contraste mórfico en la zona de piedemonte posiblemente es el resultado de una confluencia de factores diferentes en la parte sur del departamento de Antioquia respecto de los factores que se configuran en el departamento de Caldas. En este último, un proceso de levantamiento tectónico más pronunciado da origen a un relieve montañoso en el flanco oriental de la cordillera; durante el Plioceno, la sedimentación de piedemonte recibe un aporte significativo de materiales Vulcano-clásticos.

El piedemonte de la cordillera Central en Antioquia no presenta los levantamientos pronunciados y, en respuesta al levantamiento basculante de la cordillera, desarrolla únicamente una disección densa pero poco profunda, que se expresa en el relieve colinado predominante. La presencia de material volcánico en los sedimentos del piedemonte del plioceno es marginal.

6.3.1.3 Piedemonte en el norte de Urabá

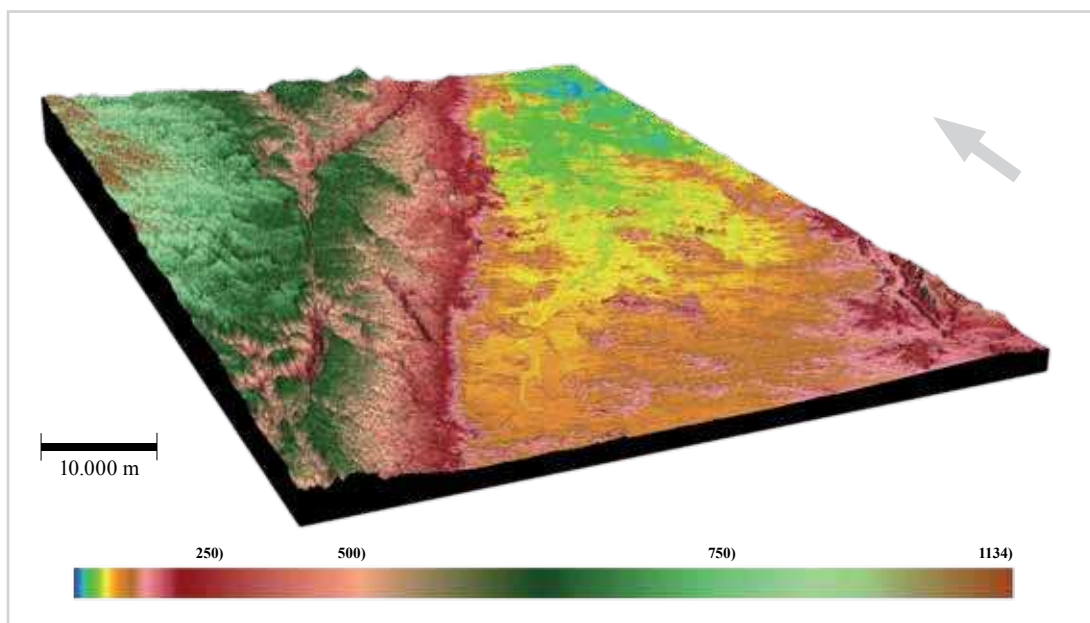
La sedimentación cuaternaria está representada en las acumulaciones aluviales de terrazas y llanura aluvial a lo largo del río San Juan, el río Mulatos y algunos de sus tributarios mayores.

El rasgo característico en este sector es la existencia de un relieve estructural que pone en evidencia el plegamiento de las formaciones neógenas, Corpa, Paujil, Floresanto, Maralú y Napipí y más al sur, dentro de la serranía de Abibe, de la formación Uva del Paleógeno (figura 6.8).

La evidencia de plegamiento más clara para formaciones neógenas en la zona de piedemonte se presenta únicamente en este sector.

Figura 6.6.

Relieve del piedemonte de la cordillera Central al valle del río Magdalena en Antioquia. La sedimentación reciente y subrecientes está representada por las llanuras aluviales y algunos sistemas de terrazas de las corrientes mayores. El levantamiento tectónico de bloques corticales en la parte más oriental del flanco cordillerano induce un proceso de disección fluvial en la zona de piedemonte modelando un relieve colinado en los abanicos aluviales del piedemonte Neógeno. La incisión fluvial y la remoción constituyen comportamientos importantes en la dinámica actual del piedemonte.





6.3.1.4 Piedemonte frontal andino

El piedemonte neógeno en este sector está representado por las formaciones Cauca y Tarazá. La formación Cauca está constituida por conglomerados y la formación Tarazá por areniscas; ambas formaciones con un origen fluvial pero con desconocimiento de sus columnas estratigráficas tipo (González, 2001).

La sedimentación cuaternaria está representada en un sistema numeroso de terrazas y en las llanuras aluviales de los ríos Cauca, San Jorge y Nechí y de otras corrientes principales que descienden por la cara frontal del cinturón andino.

Desplazamientos verticales en la falla del Espíritu Santo afectan a las rocas metamórficas de la cara frontal y a los sedimentos del piedemonte neógeno. En estas últimas se genera una estructura basculada al oriente que se prolonga hacia el oriente hasta el valle del río Nechí (figura 6.9).

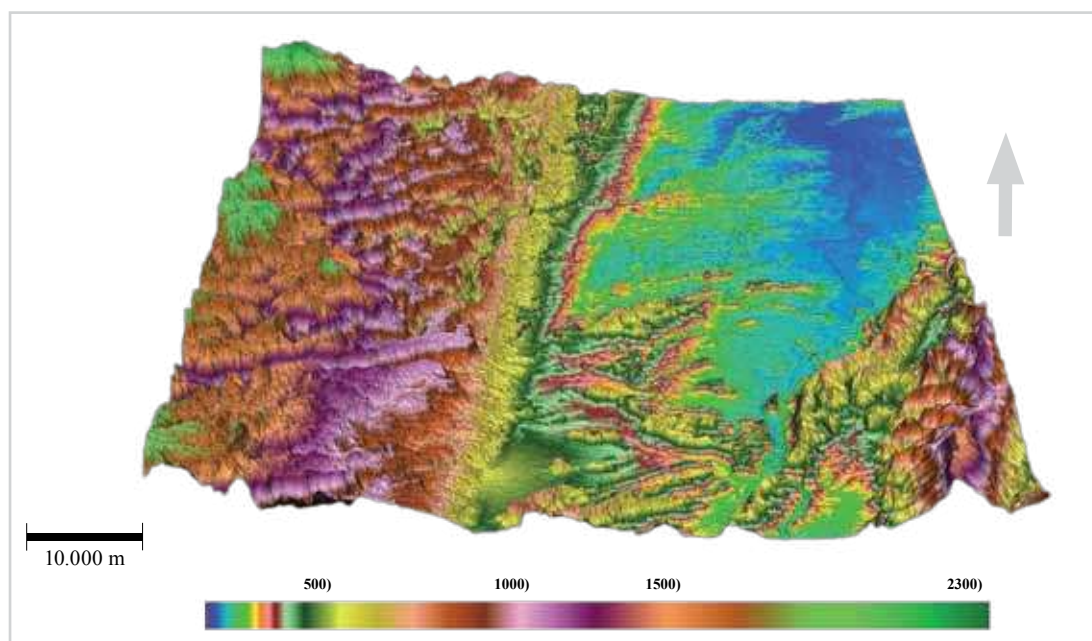
6.3.2 Cordillera Occidental

La cordillera Occidental, en su recorrido desde el departamento de Nariño hasta el departamento de Risaralda, presenta una estructura mórfica de segmento basculado al oeste con una asimetría muy marcada. Su flanco oriental es bastante corto (menos de 10 km) mientras que su flanco occidental presenta una amplitud mayor a los 40 km. En algunos sectores de su recorrido, al norte de la ciudad de Cali, la divisoria regional de aguas se encuentra de 5 a 6 km en línea recta del cauce actual del río Cauca.

A partir de la cuenca del río San Juan, en jurisdicción de los departamentos de Risaralda y Caldas, la cordillera presenta un cambio de dirección de N20°-30°E en el sur a S-N en el norte. Este cambio en

Figura 6.7.

Relieve del piedemonte de la cordillera Central al valle del río Magdalena en el departamento de Caldas. Los remanentes del piedemonte Neógeno (formación Mesa) presentan un mejor grado de preservación. Un sistema de abanicos aluviales con grados de disección y grados de preservación diferentes constituyen el testimonio de la dinámica morfogenética durante el Cuaternario. Un régimen de disección fluvial profunda en el flanco oriental de la cordillera y una influencia importante de la actividad volcánica desde el eje de la cordillera explica la importancia del régimen de deposición en esta parte del piedemonte.





dirección está acompañado de un incremento manifiesto en su amplitud, relacionado con factores de carácter geológico-estructural y geomorfológico.

Desde la cuenca del río San Juan y hacia el norte, la estructura cortical de la cordillera Occidental consiste de dos franjas paralelas y ensambladas, con litologías contrastantes y un contacto fallado entre ellas correspondiente a la falla de Portachuelos (Ingeominas, 1997). La franja oriental está compuesta por rocas sedimentarias cretáceas de los miembros Urrao y Nutibara principalmente. Un conjunto de cuerpos de composición monzodiorítica intruyen las rocas precedentes y han sido identificadas como stocks monzodioríticos (González, 2001).

En la franja occidental se presenta un conjunto de rocas volcánicas del Cretáceo superior, conocido como complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis, intruidas por rocas graníticas del batolito de Mandé del Paleógeno (Ingeominas, 1997; González, 2001).

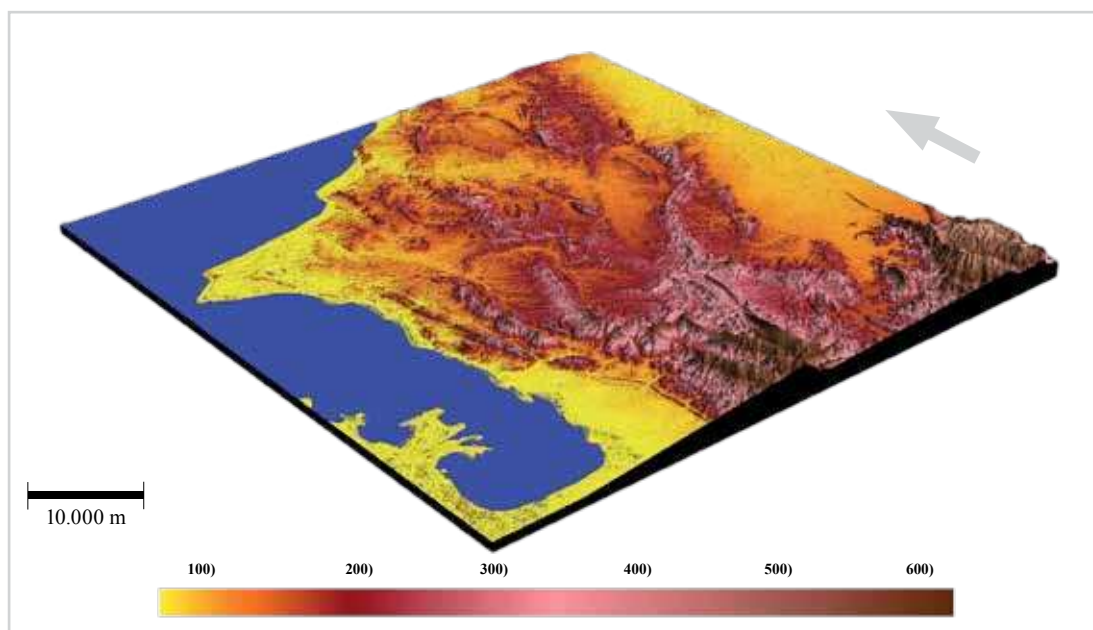
Esta estructura geológica correlaciona espacialmente, desde un punto de vista geomorfológico, con la presencia de dos segmentos cordilleranos ensamblados: un segmento cordillerano superior (SCS) al oriente y un segmento cordillerano inferior (SCI) separados por un escarpe estructural regional asociado con la falla Portachuelo, según Ingeominas (1997).

El segmento cordillerano inferior (SCI) se encuentra separado de la zona de piedemonte por un lineamiento geográfico bien marcado de dirección N15°O, que se prolonga desde la parte media de la cuenca del río San Juan en el sureste hasta el sector del cerro El Cuchillo y Lomas Aisladas en el noroeste (figura 6.1).

En el sector de la cuenca del río Murri, este lineamiento pronunciado coincide con la presencia de una cuchilla estructural muy esbelta modelada en las rocas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis, la cual sobresale de 700 a 900 metros respecto del nivel altitudinal medio del segmento cordillerano inferior y de la parte más interna de la zona del piedemonte.

Figura 6.8.

Piedemonte en el norte de Urabá. La depositación cuaternaria corresponde a las llanuras aluviales y terrazas de las corrientes mayores. La existencia de relieves estructurales asociados con el plegamiento de formaciones sedimentarias del pleógeno y neógenas constituye el rasgo morfológico distintivo y característico de este piedemonte.





Al norte de la falla de Uramita continúan las franjas de geología contrastante pero desaparece parcialmente la estructura escalonada del relieve como resultado de una disección fluvial densa y profunda.

En la parte más septentrional de las cordilleras Occidental y Central se configura un bloque estructural limitado por las fallas de Uramita al suroeste y del Espíritu Santo al sureste y por el piedemonte frontal andino al norte. Este bloque presenta una forma triangular en planta y se le denomina Triángulo montañosos tropical (TMT).

El grado de disección más alto del departamento, medido en términos del desnivel altitudinal entre divisorias de agua y las redes de drenaje, se presenta en esta unidad morfoestructural. Estos valores pueden ser el resultado de una combinación entre un levantamiento tectónico muy vigoroso y una respuesta de la disección fluvial para modelar un sistema ramificado de cañones “en V” muy profundos. La destrucción parcial en el TMT de la estructura escalonada del relieve que presenta la cordillera al sur de la falla de Uramita constituye un argumento sólido para diferenciarla como una unidad morfoestructural con identidad propia dentro de la cordillera Occidental.

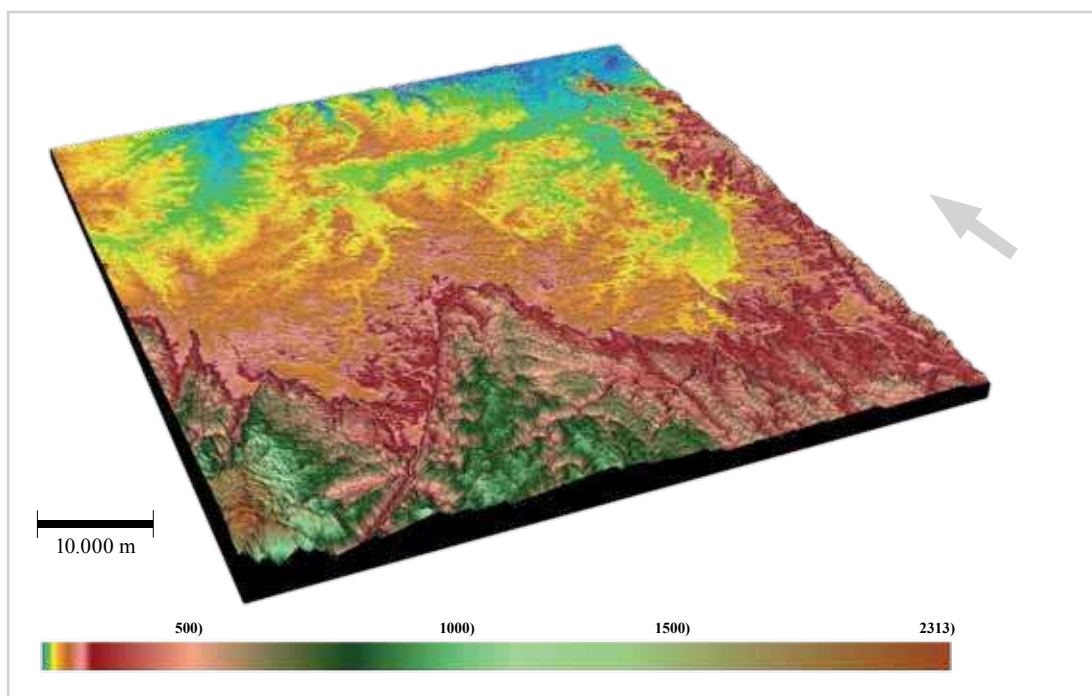
6.3.2.1 Segmento cordillerano superior (SCS)

Geología

El segmento cordillerano superior está modelado en rocas sedimentarias cretáceas, principalmente areniscas y arcillolitas del Miembro Urrao; una franja estrecha de “sedimentitas biogénicas o químicas finas formadas por lilitas y calizas micríticas negras (Miembro Urrao)” se localizan en el borde occidental de este segmento (González, 2001). Los miembros Urrao y Nutibara constituyen la formación Penderisco según el autor citado.

Figura 6.9.

Piedemonte frontal andino. El piedemonte Neógeno en este sector está representado por la acumulaciones de gravas de la formación Caucasia y las acumulaciones de arena de la formación Tarazá (González, 2001). La depositación cuaternaria corresponde a un sistema numeroso de terrazas aluviales y llanuras aluviales de los ríos principales. Desplazamientos verticales diferenciales en la falla Espíritu Santo al occidente y las fallas del sistema Palestina dan origen a una estructura basculada al oriente para los materiales del piedemonte neógeno, la cual se hace evidente en el patrón espacial de la red de drenaje.





Estas rocas están intruidas por un conjunto de cuerpos ígneos de extensión moderada denominados stocks monzodioríticos (González, 2001). La intrusión de estos cuerpos en las rocas sedimentarias cretáceas produce aureolas de contacto bien definidas, algunas de ellas bastante amplias. “La roca predominante en estos cuerpos es hipidiomórfica granular media a gruesa, equigranular, maciza de color gris a blanco moteado de negro, por minerales ferromagnesianos; está compuesta esencialmente por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo, clinopiroxeno, hornblenda y biotita en proporciones variables, variando entre monzonita y monzodiorita hacia cuarzodiorita-tonalita” (González, 2001).

Respecto a la génesis y edad de estas rocas, el autor citado afirma: “Aunque existen algunas diferencias entre las rocas que constituyen estos stocks, es muy probable por sus relaciones estructurales, contactos y posición geográfica, que tengan un origen común y pertenezcan al ciclo de actividad magmática el cual se extendió desde el Oligoceno medio al Plioceno temprano, a lo largo de toda la cordillera Occidental (Álvarez & González, 1978; Álvarez, 1983), seguido de un extenso vulcanismo y tectonismo” (González, 2001). Del conjunto de cuerpos intrusivos se ha datado aquel ubicado en el páramo de Frontino con una edad de 11 millones de años con la técnica de K y Ar en biotita.

Los sitios donde afloran estas rocas corresponden a zonas sobresalientes del relieve (cerros), lo que indica con ello una mayor resistencia al desgaste y remoción de las rocas ígneas respecto de las rocas sedimentarias cretáceas.

En el sector del páramo de Frontino, diferentes investigadores reportan la presencia de rocas volcánicas extrusivas que reposan sobre las rocas del stock. Según González (2001), “El conjunto volcánico está constituido por rocas efusivas de composición andesítica y rocas piroclásticas, aglomerados y brechas, con fragmentos de las rocas efusivas en matriz hipocristalina. Las andesitas varían de afáníticas a porfídicas, con fenocristales de plagioclasa en una matriz afanítica holocristalina a hipocristalina”. Las relaciones espaciales de campo entre las rocas intrusivas y extrusivas conducen a los diferentes autores a postular una actividad volcánica en este sector de la cordillera durante el Plioceno.

Relieve

Este segmento presenta patrones de disección contrastantes. Una disección profunda de tipo montañoso se presenta en sus bordes laterales y en los sitios donde afloran los stocks del Neógeno; hacia el eje longitudinal del segmento predominan relieves colinados y valles amplios, especialmente aquéllos de los ríos Penderisco, Pabón, Encarnación y Verde.

El control estructural del relieve dentro del segmento se circunscribe a la resistencia diferencial al desgaste entre las rocas ígneas neógenas, más resistentes, y las rocas sedimentarias del miembro Urrao, con una resistencia más débil. Las rocas del miembro Urrao poseen un espesor mayor a los 3000 metros (González, 2001) y se encuentran plegadas y falladas. Sin embargo, la expresión en el relieve de estos plegamientos es muy débil y de carácter local.

El segmento presenta una estructura trapezoidal simétrica con una cima amplia bien definida y una franja axial deprimida.

La cima presenta dos corredores laterales con relieve montañoso y una franja central deprimida de relieve colinado y valles amplios de gradiente muy suave por donde fluyen corrientes con un patrón meándrico (figura 6.1). Esta zona central de relieve colinado se interpreta en el mapa geológico de Antioquia como una especie de depresión estructural controlada por las fallas del eje de la cordillera (fallas de la Herradura, de San Ruperto y del río Encarnación). Sin embargo, no se debería descartar la opción de una estructura geomorfológica de aplanamiento parcial durante una fase temprana del levantamiento de este segmento.

La zona de relieve deprimido se continúa hasta las cuencas altas de los ríos Pabón y Penderisco, donde se interrumpen abruptamente con los frentes de erosión de los ríos Barroso al oriente y Atrato al occidente en el sector de Carmen de Atrato.



La zona de la cima está bien diferenciada de sus flancos laterales; en estos últimos predomina un relieve montañoso típico. En la base de ambos flancos se presentan las fallas de Portachuelo al oeste y las del Cauca en el flanco oriental. Las partes inferiores de ambos flancos se localizan en la misma posición altitudinal.

Este segmento presenta la configuración típica de un cinturón cordillerano con identidad propia, ya que contiene todas sus componentes y posiblemente corresponde a la configuración de la paleocordillera Occidental con anterioridad al levantamiento tectónico del segmento cordillerano inferior (SCI) pero posterior a la anexión de la franja de las rocas del complejo volcánico de Santa Cecilia-La Equis en el borde occidental.

Sobre las rocas que conforman la estructura cortical del Segmento cordillerano inferior, González (2001) reporta la presencia de rocas sedimentarias con un rango de edades muy amplias, denominada informalmente como formación Guineales. El estudio de la estructura del relieve con base en imágenes SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 30 metros de resolución espacial indica la presencia de sistemas de abanicos antiguos escalonados con superficie colinada al igual que abanicos aluviales más recientes (cuaternarios), cuyas superficies presentan disección mínima.

La relación espacial entre la formación Guineales y el sistema de abanicos antiguos y recientes es muy estrecha. Algunos de estos materiales sin reconocimiento cartográfico en el mapa geológico de Antioquia (Ingeominas, 1997) podrían corresponder al testimonio de un antiguo piedemonte asociado con el levantamiento del segmento cordillerano superior.

6.3.2.2 Segmento cordillerano inferior (SCI)

Según la estructura geológica de lo que se denomina en este estudio segmento cordillerano inferior corresponde a la parte mas oriental del bloque del Chocó, una “región caracterizada por tres elementos estructurales y litogénéticos: los arcos de Dabeiba y Baudó, las cuencas de Atrato-Chucunaque y la zona deformada de Istmina. Los arcos de Dabeiba y Baudó, con características similares, delimitan los márgenes externos del bloque del Chocó” (Duque-Caro, 1990).

De acuerdo con esta descripción, las rocas del complejo volcánico de Santa Cecilia-La Equis hacen parte del arco de Dabeiba. “El arco de Dabeiba presenta fábrica de tipo melange, particularmente en su margen oriental, donde estratos rotos e inclusiones de bloque exóticos de edad cretácea-paleocena, eocena, oligocena y miocena ocurren dispersos dentro de una matriz pelítica de edad miocena media” (Duque-Caro, 1990).

Según el autor citado, el bloque Chocó es un terreno exótico sin afinidad con las rocas cretáceas de la cordillera Occidental, formado en regiones muy distantes que guardan similitud litogenética con terrenos en el sector de Centroamérica. Este terreno se acreciona al borde occidental de las rocas del grupo Cañasgordas durante el Mioceno medio.

La cuenca Atrato-Chucunaque contiene un relleno sedimentario de más de 10 km de espesor. La secuencia aflorante en el valle del Atrato incluye una parte de origen marino de edad oligocena a miocena media y “una secuencia hemipelágica y terrígena de edad miocena media alto a pliocena” que el autor asocia con las cuencas juveniles intramontañosas del Atrato y Chucunaque. Estas últimas, al igual que la zona deformada de Istmina, son estructuras que se forman “como consecuencia del acrecimiento y perturbaciones tectónicas del mioceno medio” (Duque-Caro, 1990).

El segmento cordillerano inferior corresponde geológicamente con el arco de Dabeiba; se ensambla o acreciona inicialmente al cuerpo principal de la cordillera Occidental como resultado de la interacción del istmo de Panamá con el borde occidental del segmento cordillerano superior.

Con posterioridad al evento de acreción, este segmento constituye el basamento para una depositación abundante y extendida de sedimentos de piedemonte, especialmente en su borde oriental, manifiesta



en un sistema escalonado de abanicos aluviales, especialmente en el sector de Murri, en el sector del valle del Chaquenodá y en los alrededores de la población de Mandé.

Posteriormente, el segmento cordillerano inferior es sometido a levantamiento tectónico vertical para ubicar esta zona en dos rangos altitudinales: uno inferior, alrededor de los 500 msnm, y otro superior, localizado hacia los 900 a 1.200 msnm.

La evidencia geomorfológica más clara registra un levantamiento tectónico del orden de los 400 m, posiblemente durante el Cuaternario, aunque esta apreciación es hipotética dada la carencia de dataciones específicas respecto a la edad de los depósitos. Las evidencias de este levantamiento son:

- La presencia de un sistema moderno de abanicos aluviales escalonados localizados en el piedemonte actual del río Murri al valle del río Atrato; los niveles más altos de este sistema se ubican a los 400 msnm.
- El tránsito transversal del río Murri por el SCI desarrolla un cañón estrecho de 400 m de profundidad, el cual termina abruptamente en el borde occidental de este segmento. Este valor es del mismo orden que la posición altitudinal de los abanicos más antiguos en la zona de piedemonte actual.

Es factible suponer que el levantamiento del SCI puede haber transferido la zona de piedemonte del borde interno de este segmento a su posición actual, al occidente de la cuchilla modelada en las rocas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis.

Si esta interpretación fuese correcta, se derivarían varias posibilidades:

- La existencia en los materiales sedimentarios que cubren una parte importante del SCI de depósitos de piedemonte antiguos posteriores a la acreción del arco de Dabeiba pero anteriores al proceso de levantamiento tectónico de este borde de la cordillera.
- La existencia de abanicos aluviales más recientes posteriores al levantamiento del SCI, lo que indicaría la vigencia de una especie de piedemonte interno. Estos sedimentos podrían correlacionarse con el sistema de abanicos actuales localizados hacia el occidente del SCI.

En el piedemonte actual existen evidencias claras de desplazamientos tectónicos verticales del orden de los 50 a los 70 m en fallas que cortan el sistema escalonado de abanicos de las corrientes que descienden de la cordillera (figuras 6.2 y 6.3).

6.3.2.3 Triángulo montañoso tropical (TMT)

Se localiza en la parte más al norte de las cordilleras Occidental y Central y se enmarca por las fallas de Uramita al suroeste y del Espíritu Santo al sureste; su límite norte está definido por el contacto con la zona del piedemonte frontal andino.

La morfología en el TMT corresponde a un relieve montañoso típico conformado por un sistema ramificado de valles “en V” profundos y estrechos, en los que predomina un régimen de remoción, disección vigorosa y transporte; la depositación de sedimentos es poco efectiva y se restringe a acumulaciones aluviales discontinuas y recientes en las márgenes de las corrientes mayores.

Existen evidencias claras de la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamientos), asociados con rupturas mayores de las vertientes en el sector de Guásimo y en la región de Dabeiba.

La existencia de crisis morfogenéticas localizadas queda registrada en los depósitos de flujos de lodo y de escombros que se presentan en esta unidad. Los depósitos de flujo de lodo en el sector de Tabacal (corregimiento de Buriticá) son un ejemplo de ello.



Las rupturas masivas de vertiente que involucran volúmenes de material en la escala de 105 a 106 m³ han generado represamientos naturales sucesivos en el cañón del río Cauca en un pasado relativamente cercano, puestos en evidencia por un sistema de terrazas de limo a lo largo del cañón.

Dentro de esta unidad morfoestructural desaparece parcialmente la estructura escalonada que presenta el relieve de la cordillera Occidental al sur de la falla de Uramita. Igualmente desaparece el corredor de relieve colinado y de valles amplios que caracterizan el eje de la cordillera en el sector de Frontino-Abriaquí y en los valles de los ríos Penderisco y Pabón en jurisdicción de Urrao.

La destrucción de estas estructuras mórficas en el TMT y sus sustituciones por un relieve montañoso típico es el resultado de un levantamiento basculante más intenso en este sector de la cordillera y la respuesta de los procesos exógenos en términos de una disección profunda y vigorosa.

La disección profunda en el TMT y las estructuras de plegamiento de las formaciones neógenas del piedemonte en la subregión del norte de Urabá son fenómenos factibles de correlacionar y que se encuentran asociadas con la interacción del istmo de Panamá y la parte norte del departamento. Este marco tectónico estaría generando un levantamiento tectónico diferencial, más pronunciado en la parte más septentrional de las cordilleras Occidental y Central.

Un levantamiento tectónico pronunciado y una morfodinámica muy vigorosa en el TMT durante el Neógeno y el Cuaternario originan un conjunto de relieves relativamente jóvenes y la destrucción parcial o total de paleorrelieves heredados.

Dentro de éste se ha removido la cobertura de rocas sedimentarias terciarias y han aflorado en las partes bajas las rocas pre-cámbricas del complejo de Puquí.

El TMT presenta una asimetría altitudinal pronunciada tanto, en su sentido N-S como en el E-O. En su sentido E-O, las gradientes altitudinal y de pendientes son más suaves en dirección al río Sucio y mucho más pronunciadas hacia el oriente en dirección al río Cauca. En el sentido N-S, el eje longitudinal de los terrenos localizado por encima de los 2800 msnm presenta una pendiente suave con inclinación hacia el sur. De este modo, el TMT presenta un levantamiento más pronunciado en el norte respecto al sur y mayor en la parte oriental respecto de la parte occidental (figura 6.10).

La configuración del TMT podría ser el resultado de un empuje tectónico continuado desde el noroeste, que genera un levantamiento diferencial mayor en la parte norte de las cordilleras Occidental y Central, fenómeno que genera un basculamiento hacia el sur de ambos cinturones. La falla de Uramita marca en cierta medida el límite a este movimiento diferencial y controla estructuralmente el desarrollo de una segmentación parcial del cinturón por el frente de erosión del río Sucio.

En este esquema hipotético, el empuje de la parte norte de la cordillera Occidental contra la parte norte de la cordillera Central encuentra en esta última una especie de resistencia parcial al desplazamiento; este campo de esfuerzos se resuelve con el levantamiento pronunciado de los flancos adyacentes de ambos cinturones cordilleranos.

La estructura geomorfológica del cañón del río Cauca en su recorrido dentro del TMT, lo mismo que su dinámica fluvial actual, marcada por una incisión fluvial vigorosa, una capacidad de transporte muy alta y una depositación modesta circunscrita a tramos muy cortos y ocasionales, son comprensibles si se inscriben en un contexto morfoestructural y morfodinámico en el que predomina un levantamiento tectónico importante que parece persistir actualmente.

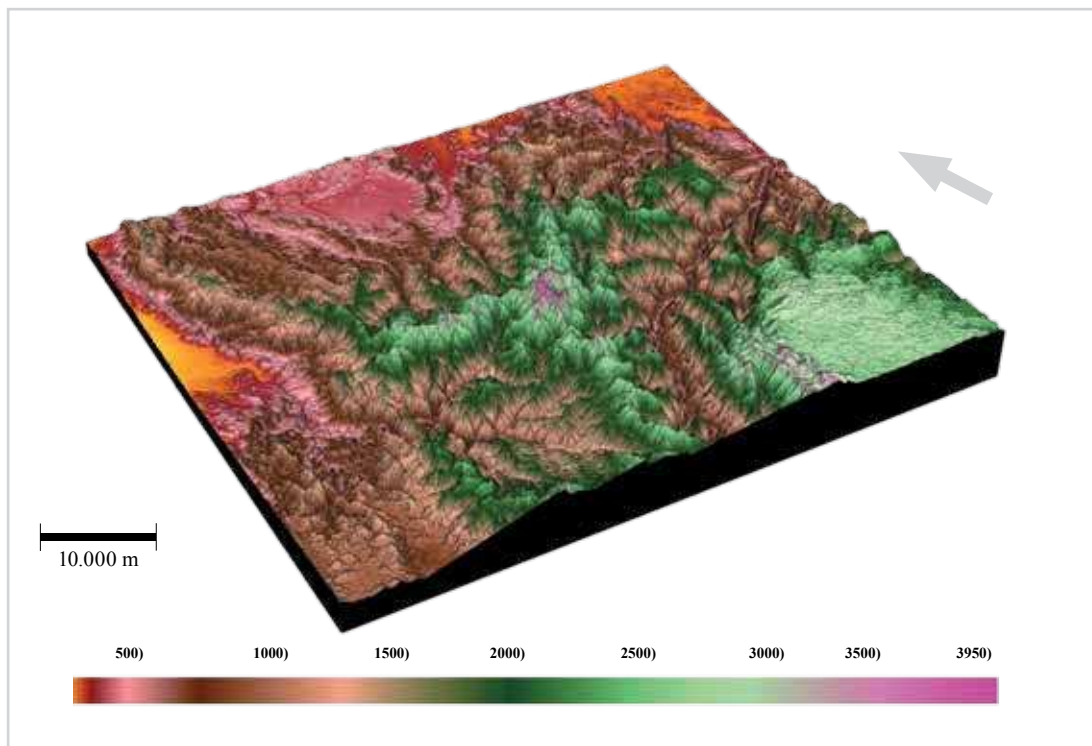
6.3.3 Cañón del río Cauca

Morfometría

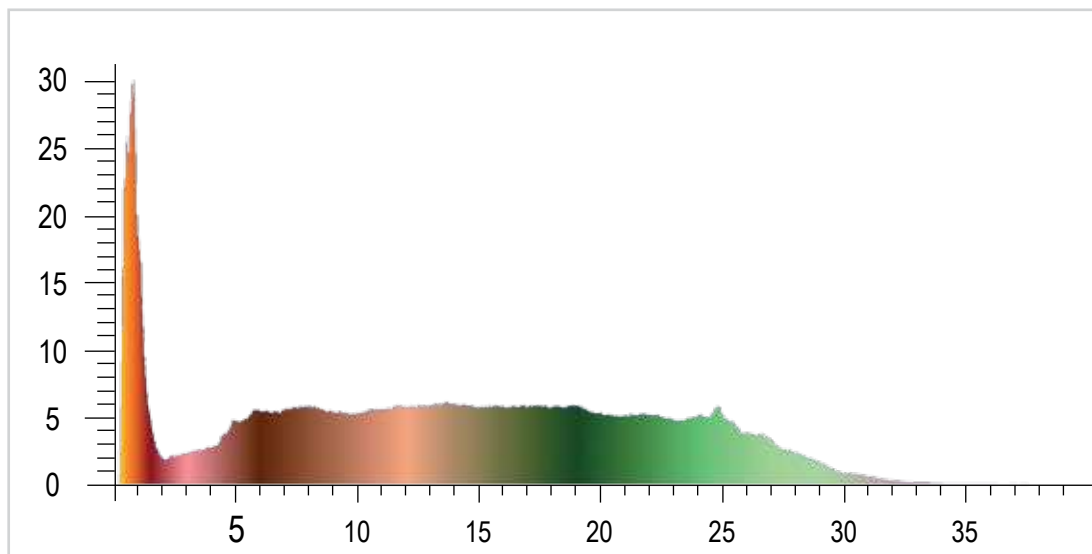
El cañón del río Cauca en el departamento corresponde a una cuenca estrecha y muy alargada, en la cual un 54% de su extensión presenta relieve montañoso con pendientes fuertes a muy fuertes. De

**Figura 6.10.**

El Triángulo Montañoso Tropical (TMT). El TMT presenta un relieve montañoso típico de cañones estrechos y profundos en los cuales fluye una red de drenaje con un régimen de erosión fluvial intensa y persistente y una capacidad de transporte alta; las divisorias de aguas son agudas. En esta parte de los cinturones cordilleros Occidental y Central, un proceso de levantamiento tectónico persistente durante el Neógeno y cuaternario favorece una dinámica morfogenética vigorosa de tal manera que se borran todas las evidencias de relieves y el registro sedimentario corresponde a depósitos del Cuaternario reciente y del Holoceno. La asimetría altitudinal expresa un basculamiento de este bloque al occidente y hacia el sur.

**Figura 6.11.**

Histograma de la altitud en el cañón del río Cauca. Las zonas con altitud por debajo de los 200 msnm marcan un máximo en el histograma y corresponden al sector de la cuenca ubicado en la zona de piedemonte. El peso porcentual de la altitud para el rango 500-2.500 msnm expresa la existencia de un cañón en "V" de vertientes muy largas y de inclinación muy homogénea en el cual no se configuran estructuras del relieve como si ocurre en el flanco oriental de la cordillera Central y el flanco occidental de la cordillera Occidental.





acuerdo con el grado de disección y con la distribución de pendientes, y teniendo en cuenta algunos controles estructurales, la cuenca se puede subdividir en tres segmentos con diferencias geomorfológicas claras y posiblemente con historias de evolución del relieve que presentan diferencias importantes.

En la figura 6.11 se presenta el histograma de distribución de alturas en la cuenca. La mayor concentración en los valores de altitud se presenta en el rango de 20 a 200 msnm, con un valor máximo en 100 msnm. Estos valores de altitud se localizan en la parte de la cuenca ubicada en la zona del piedemonte frontal andino.

Entre los 500 y los 2500 msnm, el peso porcentual de los diferentes valores de altitud es muy similar; esto indica la existencia de un cañón con forma de “V” en el cual no existen quiebres pronunciados de pendiente como tampoco estructuras escalonadas del relieve en sus flancos. Entre 2500 y 3969 msnm, el peso porcentual de las altitudes disminuyen a medida que estas últimas aumentan.

En la tabla 6.3 se presenta la distribución areal de diferentes rangos altitudinales y sus respectivos pesos porcentuales. Los valores de altitud más bajos se encuentran entre los 25 y los 35 msnm en el sector de la población de Nechí en la que el río Nechí tributa sus aguas al río Cauca. La mayor altitud de la cuenca es de 3969 msnm y corresponde a un punto en los farallones del Citará en el sector de suroeste antioqueño, cerca al límite con el departamento del Chocó.

La distribución de los valores de relieve relativo en la cuenca del río Cauca se presenta en la tabla 6.4; ésta se elaboró tomando como referente los valores planteados en la tabla 3.1 (figura 6.12).

De acuerdo con los datos de la tabla 6.4, el 53.6% del área de la cuenca corresponde a un relieve de disección profunda; se trata de un relieve montañoso configurado en ambos flancos en el sector comprendido entre La Pintada y Puerto Valdivia pero ausente en el tramo de la cuenca localizada en el piedemonte frontal andino.

El relieve colinado de la cuenca se distribuye de la siguiente manera:

- El relieve de colinas bajas con alturas inferiores a los 75 m se concentra en la parte inferior de la cuenca, aguas debajo de la población de El Doce. La zona de la cuenca localizada en el pie-

Tabla 6.3
Distribución areal y porcentual de rangos altitudinales en la cuenca del río Cauca en jurisdicción de Antioquia.

Rangos altitudinales (msnm)	Área (km ²)	Porcentaje (respecto a la cuenca)
25-399.6	2806.85	18.86
399.6-796.2	2193.09	14.74
796.2-1192.8	2308.46	15.51
1192.8-1589.4	2432.54	16.34
1589.4-1986	2249.58	15.12
1986-2382.6	1970.95	13.24
2382.6-2779.2	812.71	5.46
2779.2-3175.8	101.41	0.68
3175.8-3572.4	7.34	0.05
3572.4-3969	0.001	0.00

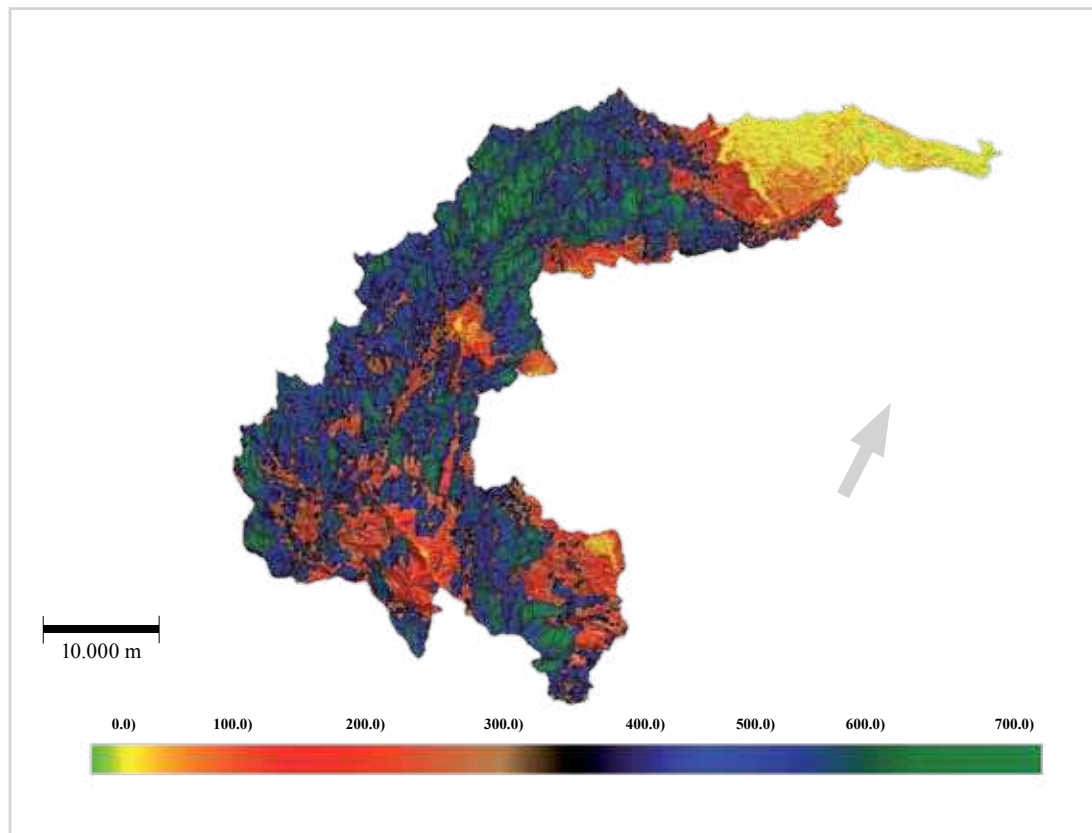
**Tabla 6.4**

Extensión y distribución porcentual del relieve relativo en la cuenca del río Cauca.

Descripción morfológica	Relieve relativo (relieve local, m)	Extensión (km ²)	Porcentaje
Zonas planas extensas	0-10	0.27	0.00
Colinas bajas	10-75	1983.1	13.3
Colinas intermedias	75-150	856.8	5.7
Colinas altas	150-300	2806.4	18.8
Transición entre relieves colinados y relieves con disección profunda	300-350	1264.2	8.5
Relieve con disección profunda baja	350-450	2976.4	20.0
Relieve con disección profunda intermedia	450-600	3508.6	23.6
Relieve con disección profunda alta	600-700	987.7	6.6
Relieve con disección profunda pronunciada	700-1200	499.4	3.4

Figura 6.12.

Distribución espacial del relieve relativo en el cañón del río Cauca. Esta distribución permite subdividir el cañón en tres segmentos con características morfológicas diferentes. En el tramo “La Pintada-Santa Fe de Antioquia” se desarrolla un fondo colinado escalonado con acumulaciones aluviales discontinuas. El tramo “Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia” corresponde a un cañón profundo de vertientes muy largas e inclinadas donde se presentan los valores de relieve relativo más pronunciados de todo el departamento. En el tramo “Puerto Valdivia-Nechí” predomina un relieve de colinas bajas y el río fluye por una llanura aluvial discontinua de amplitud moderada.





demonte frontal andino presenta un mosaico de colinas bajas e intermedias con un predominio marcado de las primeras.

- El relieve de colinas altas con alturas entre 150 y 300 metros se distribuye en cuatro contextos geomorfológicos diferentes:
 - Marca una zona de transición entre la parte inferior de las caras frontales de las cordilleras Central y Occidental y la zona del piedemonte.
 - Incorpora algunos terrenos del altiplano de Santa Rosa de Osos, cuyos drenajes fluyen al río Cauca como ocurre con las partes altas de la cuenca del río San Andrés en jurisdicción de Toledo y San José de la Montaña. De igual manera, terrenos colinados altos localizados en los altiplanos de La Unión, Abejorral y Sonsón drenan hacia el río Arma.
 - En mesetas de acumulación vulcano-clástica de la formación Combia en los sectores de Jericó y Fredonia. Estas mesetas representan los niveles de colmatación del cañón del río Cauca con el volcanismo del Combia y la posterior incisión fluvial profunda del río Cauca y algunos de sus tributarios.
 - Se presentan corredores alargados y estrechos de terrenos colinados con colinas altas en ambos flancos del cañón aguas arriba de Santa Fe de Antioquia, que marcan segmentos de valles lineales y paralelos que presentan un control estructural y tectónico por las fallas del sistema Cauca-Romeral.

La distribución espacial del relieve relativo en la cuenca permite establecer una zonificación del cañón en tres tramos:

- La Pintada-Santa Fe de Antioquia.
- Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia.
- Puerto Valdivia-Nechí.

En las figuras 6.13, 6.14 y 6.15 se presentan los mapas de relieve relativo para cada uno de estos tramos. Para el tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia, todos los rangos de relieve relativo están presentes pero se observa una importancia de las colinas altas distribuidas en corredores alargados y estrechos, especialmente en el flanco oriental. Al iniciar y terminar este tramo existen áreas importantes con relieve de colinas bajas e intermedias, en el fondo del cañón entre La Pintada y Bolombolo y en el sector de San Jerónimo-Sopetrán-Santa Fe de Antioquia.

Se incorporan al funcionamiento hidrológico de la cuenca del río Cauca los altiplanos colinados de La Unión, Abejorral y Sonsón, cuyos relieves guardan relaciones de similitud con la evolución geomorfológica de la cordillera Central.

El tramo Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia presenta zonas muy extensas en las cuales se presentan los valores de grado de disección más altos; en este tramo predomina un relieve montañoso de disección profunda.

El tramo entre Puerto Valdivia y Nechí corresponde al sector de la cuenca que transcurre en la zona del piedemonte frontal y en ella predomina un relieve de colinas bajas y marginalmente de colinas altas.



En la tabla 6.5 se presentan los valores de relieve relativo para los tres tramos de la cuenca.

De acuerdo con los datos de la tabla 6.5 se pueden establecer algunas regularidades:

- El relieve con disección profunda ocupa el 53.6% del área de la cuenca; sin embargo, en el tramo entre Santa Fe de Antioquia y Puerto Valdivia este tipo de relieve constituye el 72.5% del mismo, en el tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia representa el 57.1% y en el tramo Puerto Valdivia-Nechí se reduce a un 3.3%.
- De acuerdo con los datos anteriores, en el tramo Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia se presenta la zona con un predominio del relieve montañoso. Igualmente en esta zona se presentan las áreas más extensas con un grado de disección superior a los 600 metros/km², representadas por un 18.9 % del tramo, en tanto que en el tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia se reduce a un 6.9%.

Tabla 6.5

Distribución del relieve relativo en tres tramos del cañón del río Cauca.

Descripción morfológica	Tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia		Tramo Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia		Tramo Puerto Valdivia-Nechí	
	Área	%	Área	%	Área	%
Zonas planas extensas	-----	-----	0.04	0.00	0.27	0.01
Colinas bajas	74.6	1.1	88.3	1.7	1810.0	69.7
Colinas intermedias	372.9	5.3	196.3	3.8	307.1	11.8
Colinas altas	1772.1	24.9	775.7	15.0	336.5	13.0
Transición entre relieves colinados y relieves con disección profunda	832.1	11.7	362.9	7.0	58.0	2.2
Relieve con disección profunda baja	1837.2	25.9	1043.0	20.2	63.5	2.4
Relieve con disección profunda intermedia	1727.2	24.3	1723.1	33.4	21.9	0.84
Relieve con disección profunda alta	339.8	4.8	635.5	12.3	0.53	0.02
Relieve con disección profunda pronunciada	152.3	2.1	342.0	6.6	-----	-----

Tabla 6.6

Distribución de pendientes en el cañón del río Cauca.

Rangos de Pendiente	Cuenca del Cauca		La Pintada-Santa Fe de Antioquia		Santa Fe de Antioquia - Puerto Valdivia		Santa Fe de Antioquia - Puerto Valdivia	
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
0°-2°	287.4	1.9	26.5	0.4	29.5	0.5	229.4	11.8
2°-6°	1589.6	10.7	305.2	4.3	208.9	3.7	1063.9	54.5
6°-12°	2008.5	13.5	922.5	12.9	536.9	9.5	525.5	26.9
12°-18°	2156.4	14.5	1205.8	16.9	812.7	14.4	104.7	5.4
18°-25°	2902.7	19.5	1616.5	22.7	1229.3	21.8	22.9	1.2
25°-35°	3874.8	26.0	2092.1	29.3	1740.4	30.9	5.1	0.3
35°-86°	2063.6	13.9	969.5	13.6	1076.0	19.1	0.6	0.03



La distribución de las pendientes de la cuenca y de los tramos definidos reafirma esta zonificación (tabla 6.6).

Para la cuenca, el rango de pendientes entre 25° y 35° ocupa el 26% de su extensión. Valores muy similares a éste se presentan para el tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia, con 29.3%, y para el tramo Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia, con 30.9%. Una situación bastante diferente ocurre en el tramo Puerto Valdivia-Nechí, en el cual este rango representa solamente el 0.3% de la extensión del tramo y el rango de pendientes entre 2° y 6° ocupa el 54.5% de la extensión del tramo.

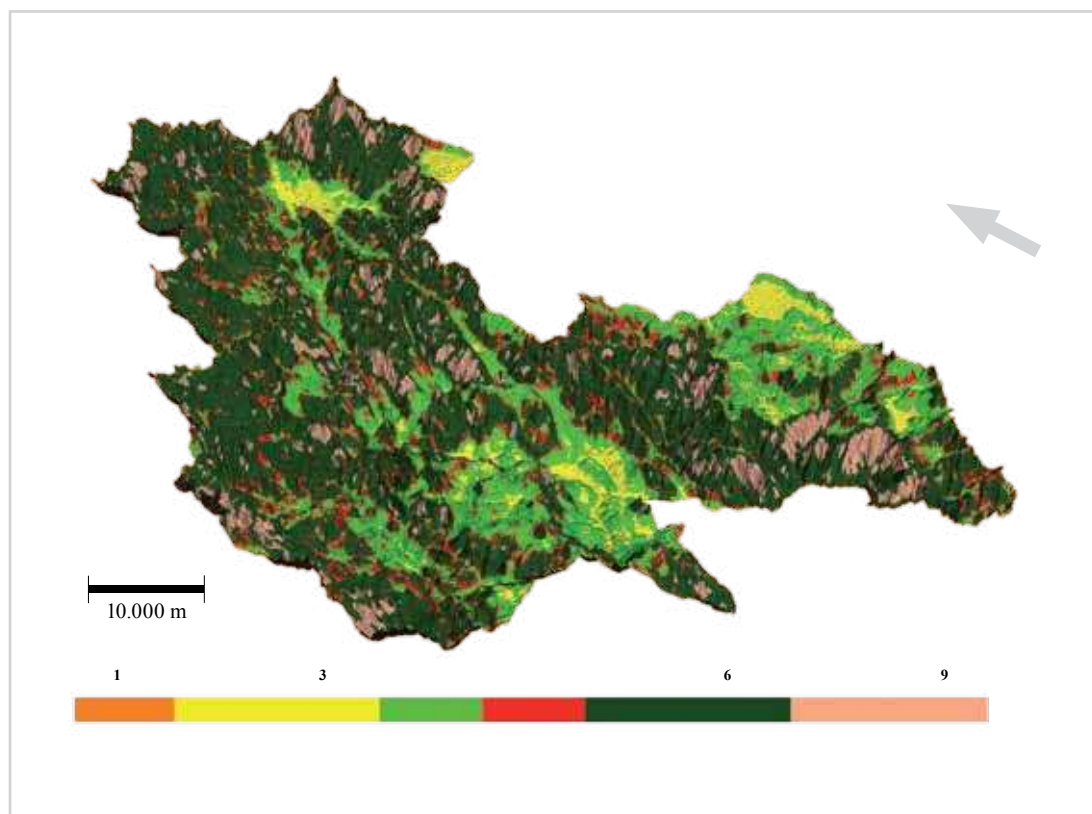
Para las pendientes, la diferencia entre los tramos La Pintada-Santa Fe de Antioquia y Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia se presenta respecto a las pendientes más inclinadas; en el primer tramo las pendientes entre 35° y 86° ocupan el 13.6% del tramo mientras que en el segundo ocupan el 19.1%.

La distribución de pendientes en la cuenca muestra un contraste en la inclinación de las vertientes de los dos tramos localizados dentro de los cinturones cordillerano respecto del tramo localizado en el piedemonte.

Las pendientes mayores de 18° ocupan el 71.8% en el tramo Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia y el 65.6% en el tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia.

Figura 6.13.

Relieve relativo en el cañón del río Cauca en el tramo La Pintada-Santa Fe de Antioquia. Los relieves colinados en este tramo ocupan franjas discontinuas en el fondo del cañón principal y de algunos cañones lineales controlados estructuralmente por las fallas del sistema Romeral en la margen derecha. Los relieves colinados de los altiplanos de La Unión y Abejorral se han incorporado a la dinámica hidrológica por un proceso de erosión remontante a lo largo de los ríos Arma y Buey. Otro relieve colinado importante corresponde a la meseta de acumulación volcánico-clástica de la formación Combia en el sector de la población de Jericó. En la margen izquierda del cañón predominan los relieves de disección profunda.





Dimensiones de cuenca

La cuenca del río Cauca en Antioquia presenta una forma alargada con tributarios cortos (menos de 12 a 18 km), de gradiente longitudinal fuerte, los cuales presentan una dirección transversal al río Cauca en la mayoría de los casos.

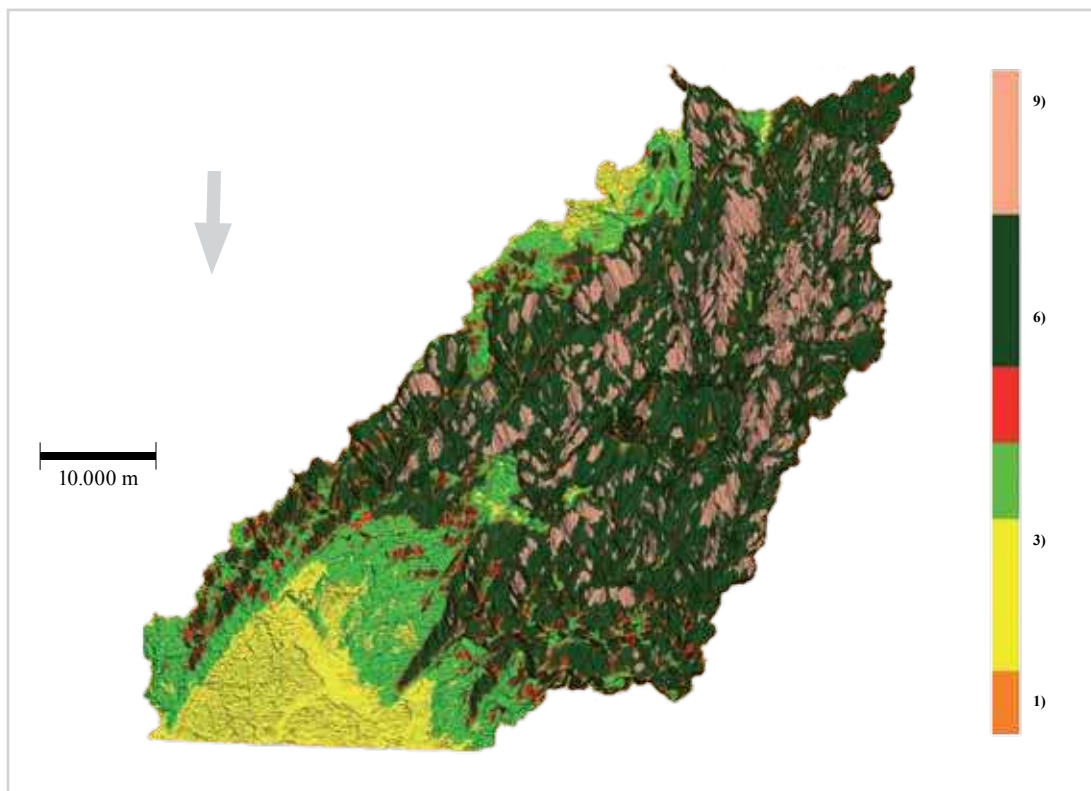
Algunos tributarios mayores del río Cauca como los ríos San Juan y Espíritu Santo, presentan trayectorias semiparalelas con el río Cauca como resultado del control estructural y tectónico que ejercen algunas de las fallas del sistema de falla Cauca-Romeral.

El río Tonusco, en la margen izquierda, y la quebrada Juan García, en la margen derecha y en jurisdicción de Liborina, presentan un sentido de flujo opuesto al sentido general de flujo del río Cauca como resultado, igualmente, del control estructural-tectónico de las fallas que marcan los límites del TMT.

Estas cuatro cuencas tributarias presentan anomalías en su configuración espacial y en el sentido de flujo de sus corrientes mayores como resultado del control estructural ejercido por algunas de las fallas mayores que transcurren por el cañón.

La línea axial a lo largo del río Cauca entre La Pintada y Nechí tiene una longitud de 400.4 km. A lo largo de este recorrido, las variaciones en la amplitud de la cuenca ocurren entre la parte de la cuenca intra-andina y la parte localizada en la zona del piedemonte (tabla 6.7).

Figura 6.14. Relieve relativo en el cañón del río Cauca en el tramo Santa Fe de Antioquia-Puerto Valdivia. Este tramo presenta la mayor uniformidad de relieve relativo; un 70% de su extensión corresponde a los relieves de disección profunda. Los relieves colmados localizados en la parte superior de la margen derecha se han incorporado por procesos de erosión remontante y capturas de drenaje a lo largo del río San Andrés





Aunque el río Cauca es la corriente principal en el piedemonte frontal andino, la amplitud de su cuenca es menor que la de su tributario mayor, el río Nechí. El basculamiento tectónico hacia el oriente de la zona del piedemonte permite que la mayor parte de los drenajes sean capturados por el río Nechí. Incluso, el giro drástico del río Cauca hacia el oriente en la población de Caucasia es posiblemente resultado del control basculante.

La zonificación de la cuenca en tres tramos también presenta expresión en lo tocante con canal fluvial del río (tabla 6.8).

De acuerdo con los datos de la tabla 6.8, la gradiente longitudinal del lecho del río Cauca en el tramo comprendido entre la desembocadura de la quebrada Juan García, cerca a Liborina, y el paraje de Puerto Raudal, cerca a la población de El Doce, es más del doble del valor de la gradiente para el tramo La Pintada- Santa Fe de Antioquia e incluso más de cuatro veces la gradiente entre Puerto Raudal y Nechí.

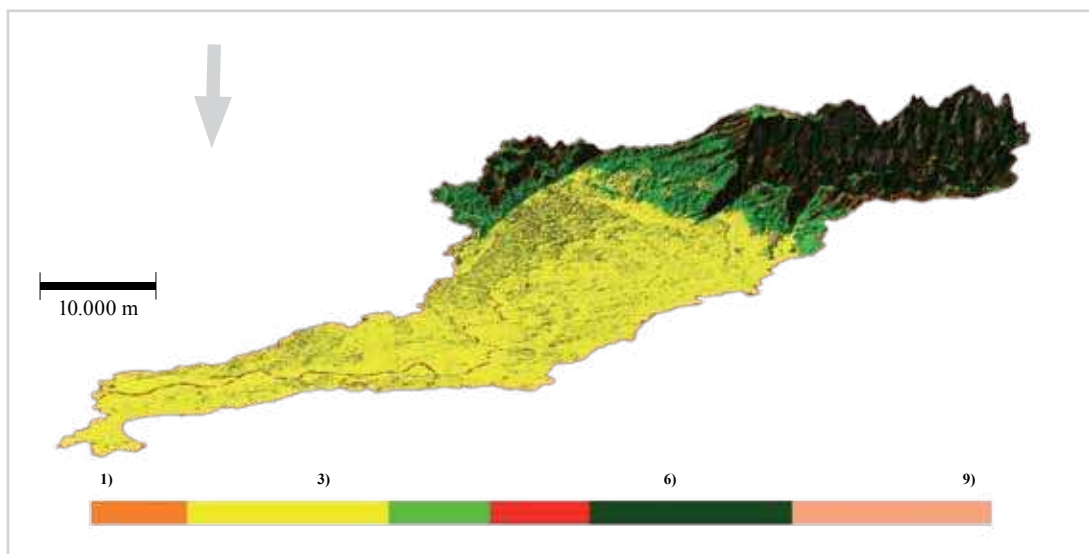
La desembocadura de la quebrada Juan García al río Cauca marca el punto en el que el río Cauca cruza la falla del Espíritu Santo de oriente a occidente para volver a interceptarla en la desembocadura del río Espíritu Santo y continuar controlado por la falla hasta el paraje Puerto Raudal. En los estudios de riesgo sísmico para los proyectos hidroeléctricos del río Cauca se insistió en el hecho de que la gradiente más pronunciada se tenía en el tramo en el que el río se localiza al occidente de la falla del Espíritu Santo (Woodward-Clyde Consultants, 1980).

La depresión del Cauca

El valle del río Cauca corresponde a una depresión tectónica que separa las cordilleras Central y Occidental en la mayor parte del territorio colombiano; esta depresión se continúa en el territorio del Ecuador. En la mayor parte de su recorrido corresponde a un valle amplio y profundo de fondo plano que define una separación muy clara entre las dos cordilleras.

Figura 6.15.

Relieve relativo en el cañón del río Cauca en el tramo Puerto Valdivia-Nechí. Existe en este trayecto un predominio de los relieves de colinas bajas característico de las zonas de piedemonte. En este tramo, el río Cauca presenta un cambio abrupto de orientación en la población de Caucasia, cambiando una orientación de S-N a otra O-E. Este cambio parece corresponder a controles estructurales impuesto por las rocas del piedemonte Neogeno y a los movimientos basculantes entre las falla Espíritu Santo y la fallas del sistema Palestina que controlan el valle del río Nechí.





Al sur de la cuenca del río Patía, en el departamento de Nariño, la estructura en depresión se transformó en una meseta de acumulación de materiales volcánicos y vulcano-clásticos como resultado de la actividad volcánica durante el Cuaternario. Esta acumulación persiste en el Ecuador.

En el sector de Popayán, los materiales provenientes del volcán Puracé generan una acumulación y colmatación parcial de la depresión tectónica y generan una divisoria de aguas entre los ríos Patía y Cauca. Los materiales acumulados elevan el nivel de fondo de la depresión, con lo cual se favorece el sentido de flujo divergente de ambas corrientes.

Tabla 6.7

Ancho de la cuenca del río Cauca en el departamento de Antioquia.

Sitio	La Pintada-Santa Fe de Antioquia (km)	Santa Fe de Antioquia - Puerto Valdivia (km)	Puerto Valdivia-Nechí (km)
Nechí			11.4
Colorado			13.5
Margento			18.6
Caucasia			26.8
Guarumo			24.5
El Jardín			30.3
Puerto Bélgica			39.8
Tarazá			43.4
El Doce			61.7
Puerto Valdivia		56.9	
Desembocadura del río Ituango		51.2	
Toledo		50.8	
Sabanalarga		41.0	
Liborina		29.0	
Santa Fe de Antioquia	40.8		
Caicedo	43.9		
Anzá	38.9		
Concordia	46.6		
Bolombolo	54.2		
Puente Iglesias	72.6		
Ancho promedio (km)	49.5	45.8	30.0

Tabla 6.8

Altitudes, longitudes y gradientes del canal del río Cauca.

Sitio	Costa (msnm)	Tramo	Longitud (m)	Desnivel del lecho (m)	Gradiente (m/10 ³ m)
La Pintada	583	La Pintada - Quebrada Juan García	129946	152	1.17
Desembocadura de la quebrada Juan García	431	Quebrada Juan García-Puerto Raudal	127851	329	2.57
Puerto Raudal	102	Puerto Raudal - Nechí	142621	87	0.6
Nechí	15				



Desde la cuenca del río Patía hasta la desembocadura del río Risaralda al río Cauca, la estructura en depresión es bastante amplia, con anchos del orden de 3 a 12 km para la parte plana de acumulación y favorable a una depositación que persiste durante el Cuaternario. En el departamento del valle del Cauca, la zona plana de acumulación, que incluye la llanura aluvial y los abanicos aluviales laterales de las corrientes que descienden de la cordillera Central, muestra una disminución sistemática de su amplitud cuando se avanza desde la ciudad de Cali hacia la población de Cartago (tabla 6.9).

Sistemáticamente, el borde oriental del valle del río Cauca se encuentra a mayor altitud debido a la presencia de una sedimentación de piedemonte proveniente de la cordillera Central, la cual está ausente en el borde occidental o se restringe a zonas muy locales.

Es importante anotar la existencia de una relación espacial entre el cambio de amplitud del valle del río Cauca y la ubicación del bloque del Chocó (Duque-Caro, 1990). El cambio drástico de la amplitud a la latitud de la población de Cartago coincide aproximadamente con el límite sur de la zona deformada de Istmina.

La amplitud de la depresión se reduce una vez más al entrar al departamento de Caldas, como resultado de la actividad volcánica y vulcano-sedimentaria del Combia. Desde el sector de Riosucio hasta el de Bolombolo-Anzá se pueden identificar rellenos vulcano-clásticos localizados a diferentes alturas sobre el cañón del río, al igual que rocas hipoabisales (pórpidos andesíticos) modeladoras de cerros esbeltos; algunos de ellos corresponden a cuellos o pitones volcánicos, testimonio de los puntos de aporte del material volcánico. Los pitones volcánicos y las mesetas de acumulación vulcano-clástica limitadas lateralmente por zonas escarpadas son testimonios de la actividad erosiva y de la incisión fluvial vigorosa que ocurre con posterioridad a la depositación de la formación Combia en el cañón del río Cauca en los departamentos de Caldas y Antioquia.

A partir de la población de Cartago, en el departamento del Valle del Cauca, se produce un cambio drástico en la morfología de la depresión. De un valle amplio con un fondo plano bien definido, que se para geográficamente las cordilleras Occidental y Central, se pasa inicialmente a un valle más estrecho entre Cartago e Irirrazal pero con un relieve colinado en su parte baja.

En su recorrido desde Irirrazal y a lo largo del departamento de Antioquia hasta el sector de Puerto Valdivia, la morfología característica de una depresión tectónica favorable a la depositación de sedimentos desaparece para dar paso a un cañón muy profundo y estrecho en el cual el comportamiento activo y el comportamiento heredado del Cuaternario y el Plioceno corresponde a una incisión fluvial vigorosa, una capacidad de transporte máxima y un régimen de depositación secundario circunscrito a tramos muy locales de su recorrido.

Tabla 6.9
Amplitud y altitud del fondo plano del valle del río Cauca entre Santander de Quilichao y Cartago.

Sitio	Altitud de la margen occidental (msnm)	Altitud de la margen oriental (msnm)	Amplitud (m)
Santander de Quilichao	1028	1102	8277
Palmira	1022	1201	11788
Guacarí	975	1092	8496
Buga	965	977	2691
Tuluá	918	950	3380
Zarzal	909	960	2714
Cartago	907	908	820



El paso de la configuración de valle con fondo plano amplio al sur de Cartago a otra de cañón profundo y estrecho en el departamento de Antioquia es el resultado de un acortamiento o cierre de la cordillera Occidental contra la cordillera Central. Este cierre de la depresión, acompañado de levantamiento tectónico, enmarca el contexto morfoestructural del cañón del río Cauca en Antioquia y lo diferencia del contexto de la depresión en su parte más meridional.

La intensidad del fenómeno de cierre y de levantamiento tectónico permite subdividir la parte interandina del cañón en dos tramos:

- Arquía-Liborina.
- Liborina-Puerto Valdivia.

A ellos es necesario agregar el tramo de la cuenca del río Cauca que transcurre por la zona del piedemonte frontal andino entre Puerto Valdivia y la población de Nechí.

6.3.3.1 Tramo Arquía-Liborina

En la figura 6.16 se presenta el mapa de la distribución altitudinal para el tramo del cañón del río Cauca entre el sector de Arquía, en el límite con el departamento de Caldas, y la población de Liborina, en donde el río intercepta la falla del Espíritu Santo.

El flanco oriental del cañón presenta una disección profunda por parte de un sistema de valles secundarios y paralelos, controlados estructuralmente por el sistema de falla de Cauca-Romeral; en la parte axial baja de estos valles se desarrollan corredores de relieve colinado (figura 6.13).

La disección en el flanco occidental del cañón la realiza un sistema de corrientes cuyas trayectorias son transversales (O-E) a la dirección general del río en este tramo (S-N).

En la parte sur, el cañón presenta una ampliación importante con la incorporación funcional de la cuenca del río San Juan. Esta cuenca se encuentra separada del cañón directo del río Cauca por la meseta vulcano-clástica de Jericó.

Es factible suponer que la continuidad de la depresión del Cauca con anterioridad al inicio del proceso de cierre en su parte norte y al periodo de la actividad volcánica Combia transcurría por el corredor lineal de los valles de los ríos Risaralda y San Juan. Es de igual modo factible suponer que la interacción y acreción del bloque del Chocó contra el borde occidental de la cordillera Occidental (grupo Cañasgordas) y posteriormente la actividad volcánica del Combia desplazan la trayectoria de la depresión hacia el oriente del valle del río Risaralda, este último es la continuidad norte de la depresión.

El avance de un frente de erosión a lo largo del río Arma incorpora al funcionamiento hidrológico los altiplanos de Abejorral, La Unión y remanentes del altiplano más antiguo localizados en los alrededores de la población de Sonsón. En este sector de la cuenca es evidente el contraste entre los relieves de disección profunda y reciente (plio-cuaternarios) y los paleorrelieves de altiplano característicos de la cordillera Central. Los altiplanos de Abejorral y Sonsón, a diferencia del sistema de altiplanos de la cordillera, presentan inclinación regional hacia el occidente (figura 6.16).

El cañón en esta parte presenta una asimetría altitudinal marcada. La corona del flanco occidental alcanza a ubicarse en el rango de los 3.500 a los 3.969 msnm mientras que la corona del flanco oriental alcanza altitudes en el rango de los 3.000 a los 3.300 msnm.

La existencia de un relieve colinado de colinas altas en las partes intermedias y bajas del cañón permite establecer una diferenciación y separación parcial de los dos corredores cordilleranos laterales (figura 6.13).



6.3.3.2 Tramo Liborina-Puerto Valdivia

La configuración típica de un cañón estrecho y profundo se produce en este tramo. La descripción de la estructura y comportamiento del relieve en el Triángulo montañoso tropical (TMT) es válida para este tramo.

El relieve corresponde a un conjunto de vertientes montañosas muy largas y de pendientes muy fuertes, en las cuales predomina un régimen dinámico de remoción intensa. Los fondos de los valles son estrechos y en ellos predomina un régimen de incisión vertical y transporte mientras que las condiciones para la depositación de sedimentos se circunscribe a sectores muy locales.

La estructura del relieve está dominada por un sistema jerárquico de valles “en V”; en muy pocos de ellos se alcanza a desarrollar un corredor central bajo de relieve colinado como sí ocurre en el tramo Arquía-Liborina (figura 6.17).

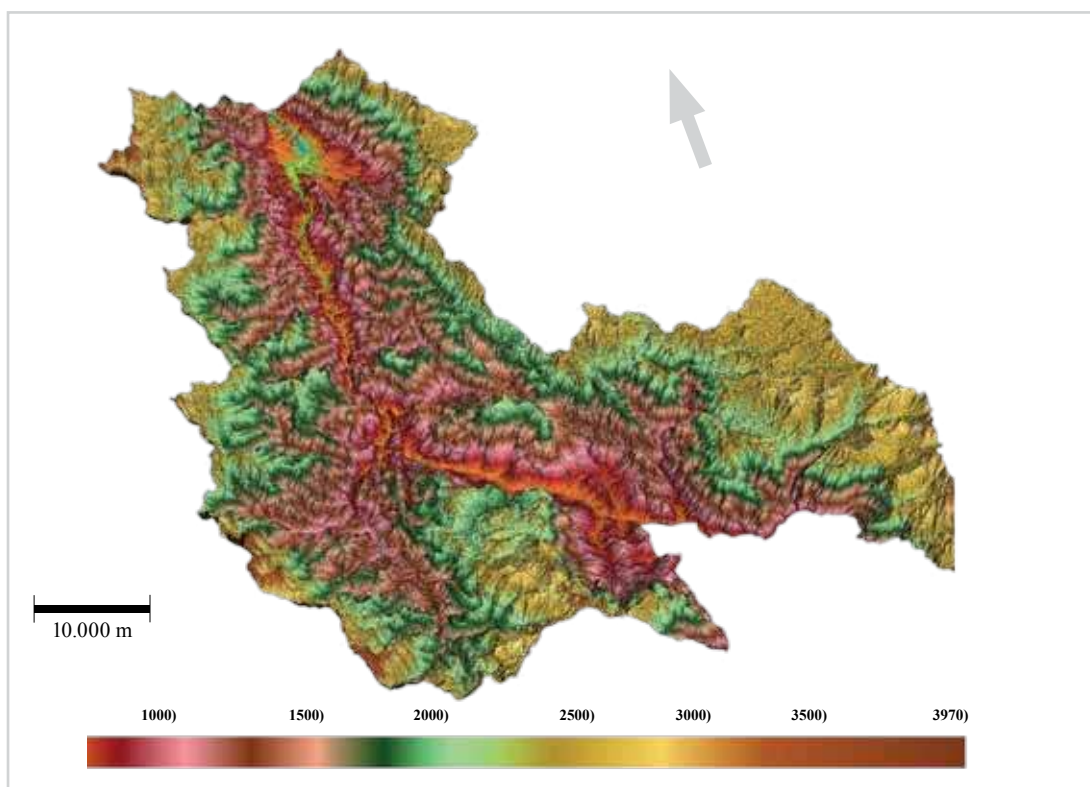
En este tramo se alcanza la situación de cierre máximo, de tal modo que la separación y diferenciación geográfica entre cordillera Occidental y cordillera Central se hace más sutil.

Un levantamiento tectónico mayor en esta parte más septentrional de ambas cordilleras está acompañado de un comportamiento de remoción muy vigoroso.

La distribución de los materiales geológicos pone en evidencia esta combinación entre levantamiento tectónico e intensa remoción. Hacia la parte norte del tramo aflora en el fondo del cañón un conjunto de rocas metamórficas de alto grado (neis micáceos, metatonalitas y migmatitas), cuya edad ha sido

Figura 6.16.

Distribución espacial del relieve relativo del cañón del río Cauca entre Arquía y la población de Liborina. Sobresale en este sector; el altiplano de Abejorral en la parte sureste; la meseta volcánica y volcánico-clástica de Jericó y los valles alineados por las fallas del sistema Romeral entre la Pintada y Santa Fe de Antioquia.





objeto de discusión en la comunidad científica entre quienes las consideran pre-cámbricas y quienes fundamentan una edad paleozoica (González , 2001).

Dentro de este tramo no existen evidencias de las formaciones sedimentarias y vulcano-sedimentarias terciarias (formación Amagá y formación Combia), las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en el tramo anterior.

La depositación en las partes bajas de las vertientes es de carácter coluvial y coluvio-aluvial. En las zonas en las que las quebradas afluentes tributan sus aguas al río Cauca se presentan remanentes de abanicos aluviales recientes, localizados de 50 a 100 metros por encima del nivel actual del río, lo cual se convierte en un testimonio de la intensidad de la incisión fluvial en el río Cauca.

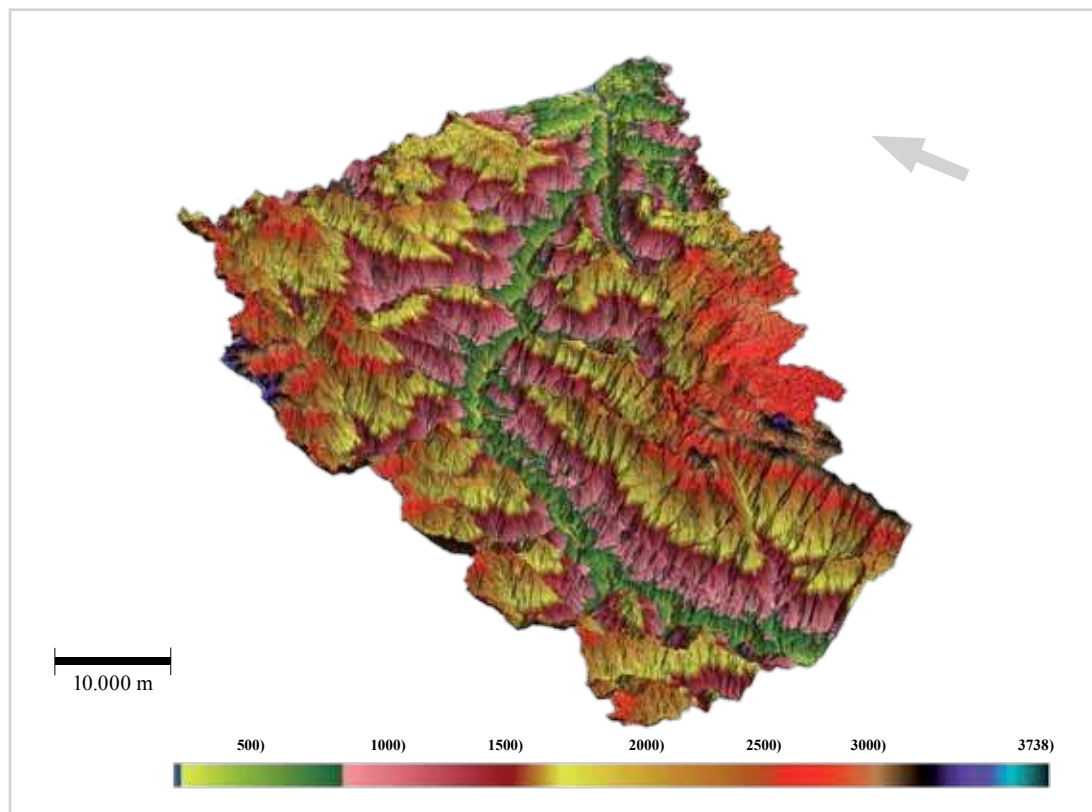
En las vertientes localizadas por encima de los 2800 msnm, las evidencias de geoformas modeladas durante las fases frías del Cuaternario son muy débiles como resultado de la remoción allí vigente. Esta situación contrasta con los relieves denudativos heredados de origen glacial presentes en el páramo de Belmira y en el páramo de Frontino.

Los rasgos mórficos en este tramo, al igual que el comportamiento actual del relieve, indican que en él predomina un levantamiento tectónico que continua vigente y, en respuesta a ello, una remoción intensa en las vertientes y una incisión fluvial vigorosa en los canales fluviales.

Este tramo del cañón del río Cauca transcurre dentro del TMT. Este último, como se explicó antes, se configura como resultado de un empuje de la parte norte de la cordillera Occidental contra su similar

Figura 6.17.

Distribución espacial del relieve relativo en el cañón del río Cauca entre las poblaciones de Liborina y Puerto Valdivia. El relieve de este sector corresponde a un cañón estrecho y profundo con una sección transversal de “valle en V”. En este sector se presentan los valores de relieve relativo más elevados del departamento. Las vertientes son muy largas y muy inclinadas por las divisorias de aguas estrechas. En los lechos de las corrientes predomina un régimen de incisión fluvial vigorosa.





de la cordillera Central. Posiblemente la presencia del batolito antioqueño ejerce un papel de resistencia al desplazamiento, lo que genera un levantamiento simultáneo de los terrenos de este tramo del cañón.

En este sentido, el tramo Liborina-Puerto Valdivia del cañón se inscribe dentro de un marco tectónico marcado por un levantamiento vigoroso del cañón y de las tierras adyacentes laterales. Este hecho marca la identidad de este corredor y contrasta con la característica de depresión tectónica (graben o semigraben) que caracteriza a la depresión del Cauca al sur de la población de Cartago.

6.3.3.3 Tramo Puerto Valdivia-Nechí

En la parte final del tramo precedente, el canal del río Cauca se encuentra controlado por la traza de la falla del Espíritu Santo desde la desembocadura del río del mismo nombre, pasando por Puerto Valdivia, hasta llegar al paraje de Puerto Raudal. El confinamiento del canal del río se presenta por una distancia de 20.5 km, mediante la marca de un segmento bastante rectilíneo. Previamente, el canal del río Espíritu Santo presenta un confinamiento lineal en un tramo de 17.1 km.

En Puerto Raudal, el canal aluvial abandona el confinamiento estructural y se dirige hacia el noroeste mientras la falla continúa con su dirección noreste.

Este tramo corresponde a la parte de la cuenca localizada dentro del piedemonte frontal andino. Los relieves colinados ocupan el 84.5% del área del tramo con un predominio de las colinas bajas (69.7%) (tabla 6.5). Estas colinas se encuentran modeladas en los conglomerados de la formación Caucasia y en las arenas de la formación Tarazá.

La falla del Espíritu Santo disloca la zona de piedemonte, induciendo un basculamiento al oriente; este hecho hace que la mayor parte de la región del piedemonte drene en dirección al río Nechí y sólo las corrientes tributarias del río Cauca por su margen izquierda corresponden a corrientes de orden mayor, como los ríos Tarazá y Man. Por su margen derecha tributan corrientes secundarias de poca longitud.

A la altura de la población de Caucasia, el río gira de dirección S-N a dirección O-E hasta confluir con el río Nechí en la población de Nechí. Este giro abrupto puede ser una manifestación del basculamiento al oriente que presenta la zona del piedemonte (figura 6.18).

6.3.4 Cordillera Central

La cordillera Central en Antioquia presenta una amplitud mayor comparada con la de los departamentos inmediatamente al sur. Corresponde en su mayor extensión a un segmento cordillerano con un basculamiento regional hacia el sureste y el este, de tal modo que las zonas de mayor elevación se localizan en su extremo noroeste, en el sector del Páramo de Belmira y en jurisdicción de los municipios de Santa Rosa de Osos, San José de la Montaña y Yarumal.

La cordillera se asemeja a una especie de megacuesta con una zona noroccidental elevada, ubicada entre los 3000 y los 3200 msnm, a partir de los cuales se desciende de manera continua hacia el sureste, el este y el noreste hasta alcanzar los 180 a 210 msnm en el límite con el piedemonte oriental de la cordillera. En un perfil orientado con la inclinación regional se descienden 3000 metros en una distancia de 140 km, de lo que se deriva una pendiente de 1.3°. En el lado opuesto de la superficie basculada, es decir, en el flanco al cañón del río Cauca, se obtiene un desnivel altitudinal de 2900 m en una distancia horizontal de 10.6 km, correspondientes a una gradiente regional de 16.4°.

El relieve predominante está constituido por un sistema escalonado de altiplanos muy extensos separados por escarpes erosivos regionales. Los altiplanos corresponden a superficies de erosión modeladas en perfiles de meteorización muy espesos (de 35 a 90 metros), derivados de la meteorización de las rocas graníticas del batolito antioqueño y de rocas metamórficas. Las superficies de erosión fueron modeladas en ambientes cercanos al nivel del mar y posteriormente sometidas a levantamientos tec-



tónicos diferenciales. Durante el proceso de levantamiento tectónico, una red de drenaje densa con encajamiento de modesto a moderado (entre 50 y 300 m) imprime un relieve colinado de colinas bajas, intermedias y altas en todos los altiplanos. (Page & James, 1981; Arias, 1995; Arias, 1996).

Al menos tres generaciones de altiplanos diferentes se han identificado en la cordillera:

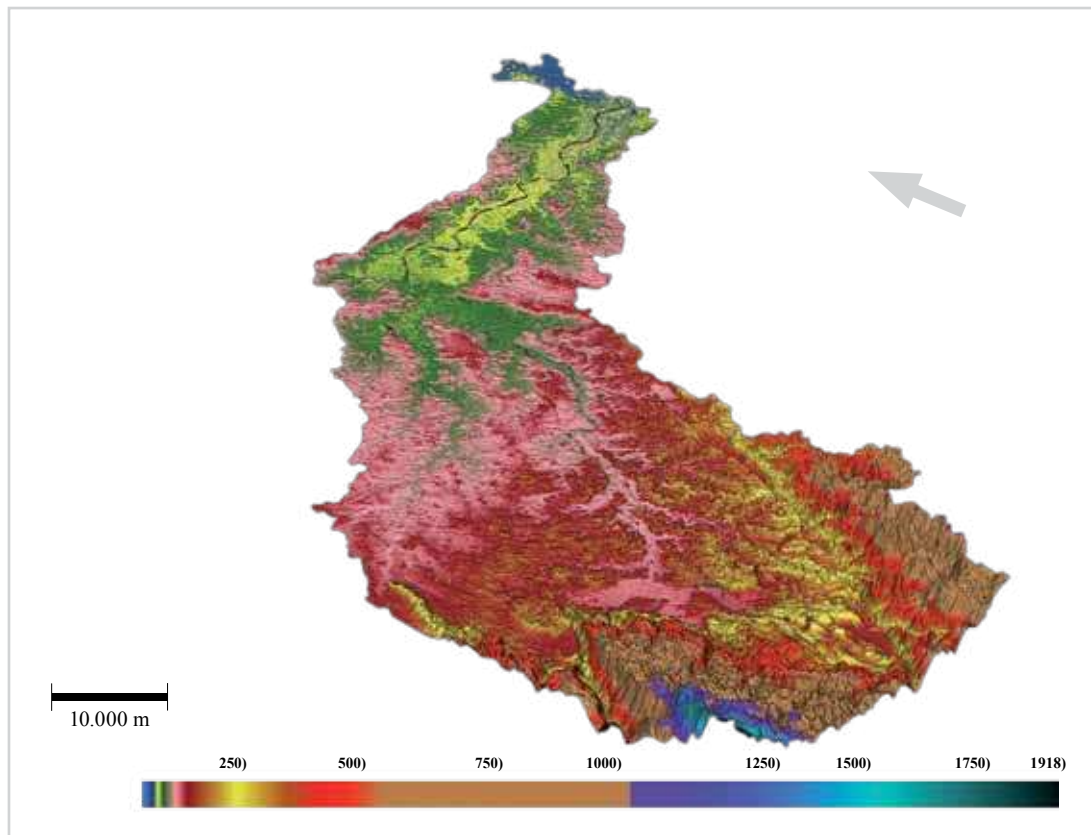
- Altiplano superior: Altiplano “Páramo de Belmira-Páramo de Sonsón”.
- Altiplano intermedio: Altiplano “Santa Rosa de Osos-Rionegro”.
- Altiplano inferior: “Altiplano “Carolina-Gómez Plata- Embalse del Peñol”.

Caballero et al (2002) plantean la existencia de un sistema más numeroso de altiplanos especialmente hacia la parte más oriental del flanco oriental de la cordillera.

El altiplano superior ocupa la parte occidental del flanco en tanto que el altiplano inferior se localiza en la parte más oriental del flanco. Al oriente del altiplano “Embalse del Peñol”, el altiplano inferior está afectado por dislocaciones tectónicas que dan origen a un sistema escalonado de bloques tectónicos separados entre sí por las fallas del sistema Palestina y por el sistema de fallas N30°O.

Figura 6.18.

Distribución espacial del relieve relativo en el valle del río Cauca entre las poblaciones de Puerto Valdivia y Nechí. En este sector, la cuenca del río Cauca se localiza en los terrenos del piedemonte frontal andino (Cordilleras Occidental y Central). Los relieves colinados ocupan el 84.5% del total del tramo, con un predominio de las colinas bajas (69.7%). Estas colinas se encuentran modelados en los conglomerados de la formación Cauca y en las arenas de la formación Tarazá. Desde el punto de vista tectónico, el piedemonte presenta un basculamiento hacia el oriente entre las fallas Espíritu Santo hacia el occidente y la falla El Bagre; este basculamiento controla la orientación general de la red de drenaje del piedemonte, incluyendo el recorrido del río Cauca.





Todos los altiplanos presentan pendiente regional con componentes al sur o al este; los altiplanos de Abejorral y los remanentes del altiplano antiguo en la región de Mesopotamia-Sonsón presentan una gradiente regional hacia el oeste.

Asociados con el sistema de altiplanos escalonados se presentan dos corredores de escarpes erosivos regionales muy continuos, con longitudes superiores a los 90 a 120 km y con alturas del orden de 400 a los 600 m, cuya continuidad la interrumpe la presencia de cañones lineales muy profundos.

La existencia de cañones lineales profundos sin ramificación es otro rasgo sobresaliente en el relieve de la cordillera; los cañones lineales de los ríos Medellín-Porce y Nus cortan y segmentan la continuidad precedente de las tres generaciones de altiplanos (figura 6.19).

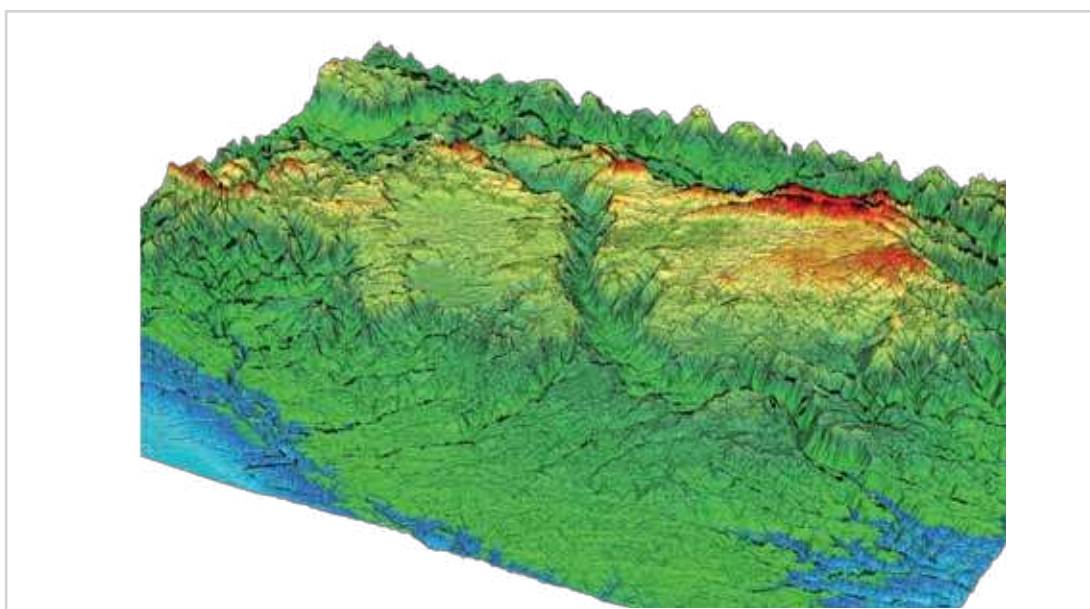
El cañón lineal Medellín-Porce presenta una dirección SO-NE, transversal respecto a la pendiente regional del flanco cordillerano (NO-SE) y se prolonga desde las parte bajas de la cara frontal de la cordillera hasta conectarse en el suroeste con el valle de Aburrá. De este modo, la discontinuidad geográfica más pronunciada en el flanco oriental se configura como una estructura transversal a la inclinación regional de éste. Tal hecho permite concluir que el modelado de este cañón lineal es posterior al basculamiento regional de la cordillera hacia el sureste.

El cañón del río Nus marca una segunda segmentación de la mitad oriental del flanco en dos porciones: una al norte, correspondiente con la región del nordeste antioqueño, y otra al sur, correspondiente a la región del oriente antioqueño.

Al sur del cañón del río Nus, las corrientes mayores son paralelas, con un sentido de flujo NO-SE, y están controladas estructuralmente por el sistema de fallas de Nare, Balseadero, Bizcocho y Calderas. La configuración general de la red de drenaje en este sector presenta un doble control estructural: de una parte las fallas del sistema antes mencionado y, de otra, el control de dirección N20°E que impone el sistema de falla de Palestina.

Figura 6.19.

El relieve del flanco oriental de la cordillera Central. Un sistema escalonado de altiplanos separados por escarpes erosivos regionales localizados en la mitad del flanco occidental constituyen las generaciones de relieve más antiguas. Los cañones lineales conforman una segunda generación de relieve y las dislocaciones tectónicas del altiplano inferior en la parte más oriental del flanco constituyen la generación de relieve más reciente en la zona. La captura del drenaje del río Grande por el río Porce posiblemente explica el cambio de amplitud entre el cañón del río Medellín entre Bello y Porcesito y la del cañón del río Porce entre Porcesito y el sitio de la presa del proyecto hidroeléctrico Porce II.





Al occidente del altiplano embalse del Peñol, las expresiones del control estructural de las redes de drenaje se tornan más débiles; algunas corrientes menores presentan una orientación NO-SE tales como las quebradas La Mosca, Marinilla, La Compañía y San Pedro dentro del altiplano de Rionegro.

Algunos altiplanos de menor extensión se localizan en posiciones altitudinales intermedias respecto de las tres generaciones principales; entre los altiplanos de Santa Rosa de Osos y Carolina-Gómez Plata se presenta un altiplano en el que se encuentra el embalse de Miraflores. Igualmente dentro del altiplano de Santa Rosa de Osos se ha identificado un sistema de bloques colinados escalonados, repitiendo a la escala de altiplano la estructura escalonada que se presenta a la escala de cordillera.

Un sistema numeroso de superficies, con extensión muy variable y rasgos mórficos de aplanamiento por denudación, localizadas a diferentes altitudes, constituye el atributo predominante del relieve en el flanco oriental de la cordillera Central. Las relaciones espaciales entre las unidades mayores de relieve permiten afirmar que dicho sistema constituye la generación de relieve más antigua del relieve total de la cordillera en Antioquia.

Para la cordillera Central en Antioquia se diferencian tres unidades morfoestructurales mayores (tabla 6.2).

- Cara frontal de la cordillera Central (Tramo Puerto Valdivia-Yarumal).
- Segmento cordillerano septentrional basculado al sureste (Tramo Yarumal- Mesopotamia).
- Segmento cordillerano triangular simétrico (Mesopotamia-Sonsón).

6.3.4.1 Cara frontal de la cordillera Central

La cara frontal de la cordillera Central constituye una unidad morfoestructural bien diferenciada de las demás unidades de la cordillera. Su identidad se fundamenta en la combinación de un proceso de levantamiento tectónico pronunciado y una respuesta de los frentes de erosión para disectar profundamente la zona y de este modo configurar un relieve montañoso.

El levantamiento tectónico en este sector es de tipo basculante en dos sentidos ortogonales. En el sentido N-S se presenta un basculamiento hacia el sur, que conduce a un levantamiento mayor en la cara frontal. En el sentido E-O, los levantamientos más pronunciados se presentan en la parte occidental, en el corredor tectónico limitado por el sistema de falla de Cauca-Romeral y la falla del Espíritu Santo. Los levantamientos disminuyen en magnitud hacia el oriente de la cara frontal hasta alcanzar las fallas de Otú y Bagre del sistema de falla de Palestina. A partir de estas trazas de falla la magnitud de los levantamientos se incrementa hacia el oriente, lo que da como resultado la configuración de la serranía de San Lucas en el departamento de Bolívar.

Los frentes de erosión en la cara frontal avanzan a lo largo de los ríos Cauca, Nechí y Porce. En el corredor formado por los ríos Cauca y Nechí se configura un relieve montañoso de disección profunda en las partes media y superior de la zona. Este patrón de la disección está presente con mayor expresión en la cara frontal de la cordillera Occidental.

Estos corredores de disección profunda se presentan a lado y lado del cañón del río Cauca y guardan relación espacial estrecha con la presencia de las fallas del sistema Cauca-Romeral y la falla del Espíritu Santo.

En el corredor entre los ríos Cauca y Nechí el relieve de la cara frontal presenta la siguiente distribución:



- En la parte baja se presentan remanentes de altiplano disectado con un relieve de colinas bajas separados por cañones lineales.
- Hacia las partes media y superior se transforma en un relieve de disección profunda de tipo montañoso, el cual avanza en su construcción a expensas de la destrucción de los altiplanos intermedio e inferior (figura 6.20).

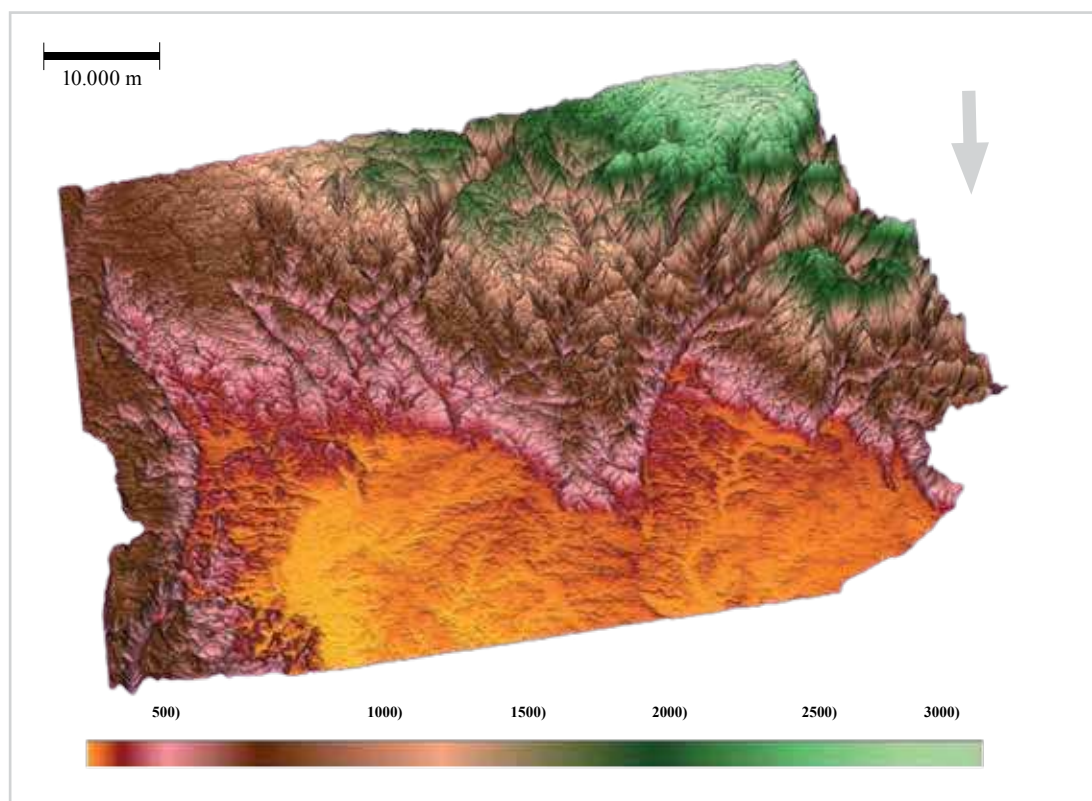
En la mitad oriental de la cara frontal, al oriente del cañón del río Porce, en donde el levantamiento es menos pronunciado, se presenta una red de cañones lineales separados por franjas de altiplanos con colinas equialtitudinales y está ausente el relieve de tipo montañoso. Estos cañones lineales avanzan en sentido N-S hasta desaparecer gradualmente dentro del altiplano inferior.

En este sentido, en la cara frontal de la cordillera Central se pueden diferenciar tres tipos de relieves diferentes:

- Un sistema de cañones lineales paralelos relativamente cortos en la parte occidental de la zona y más largos en la parte oriental.
- Remanentes del altiplano inferior separados por cañones lineales. Este relieve predomina en la parte oriental de la cara al oriente del cañón lineal del río Porce.

Figura 6.20.

El relieve de la cara frontal de la cordillera Central. El basculamiento regional hacia el oriente de la cordillera se manifiesta en el desarrollo de un relieve montañoso en la parte occidental y un relieve colinado en la parte oriental. Los cañones lineales en esta parte están asociados con el relieve colinado. El límite geomorfológico entre la cara frontal de la cordillera y el relieve de piedemonte corresponde a una línea tajante e irregular con control estructural marcado especialmente por parte de la falla Espiritu Santo.





- Un relieve montañoso constituido por un sistema de cañones “en V” ramificados, cuya distribución espacial corresponde con las zonas en las cuales el levantamiento tectónico ha sido más pronunciado.

El predominio mayor del relieve montañoso en la cara frontal de la cordillera Occidental, la definición de un contraste más tajante entre los relieves de piedemonte y el relieve montañoso de la cara frontal y la existencia de una gradiente altitudinal más pronunciada son rasgos mórficos factibles de relacionar con una magnitud mayor de levantamiento tectónico en la cara frontal de la cordillera Occidental (figura 6.21).

6.3.4.2 Segmento cordillerano septentrional basculado al sureste

Este segmento constituye la mayor parte de la cordillera Central en Antioquia.

El relieve de este segmento, en la mitad occidental del flanco cordillerano, está constituido por un sistema escalonado de altiplanos separados por escarpes regionales erosivos y segmentados por cañones lineales profundos y muy continuos (cañones lineales de los ríos Medellín-Porce y Nus). (figura 6.22).

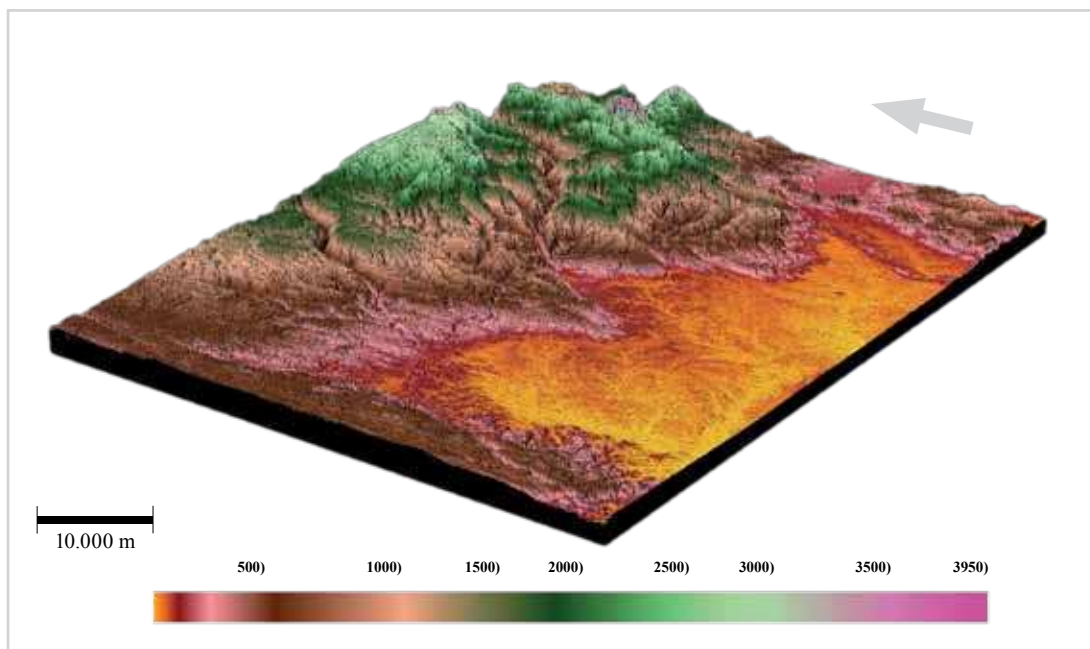
En la mitad oriental del flanco, las fallas del sistema Palestina dislocan el altiplano inferior dando origen a un sistema de bloques tectónicos levantados, separados por escarpes muy rectilíneos y por cañones lineales (figura 6.23).

En la parte sureste del segmento los bloques tectónicos levantados, los escarpes y los cañones lineales cambian gradualmente a un relieve montañoso de disección profunda, en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná, en el límite con el departamento de Caldas (figura 6.24).

Los cañones lineales presentan dos direcciones bien diferenciadas. Un primer grupo se alinea con las fallas del sistema de falla Palestina (N20°E) mientras el otro lo hace con el sistema de fallas N30°O. El avance remontante de los frentes de erosión se materializa en el modelado de los cañones lineales

Figura 6.21.

Contraste geomorfológico entre las caras frontales de las cordilleras Central y Occidental. el levantamiento diferencial de ambas cordilleras genera gradientes altitudinales pronunciados en la cordillera Occidental y menores en la cordillera Central en sus caras frontales. En ambos casos, terrenos colinados más o menos equi-altitudinales ocupan la parte inferior de las caras.





con un control estructural marcado por parte del sistema de fallas N30°O. Estos cañones segmentan la mitad oriental del flanco, alcanzando en su avance remontante a llegar hasta la zona donde se ubican los altiplanos embalse del Peñol, Rionegro y La Unión.

139

6.3.4.2.1 Sistema escalonado de altiplanos y bloques tectónicos

Los altiplanos de la cordillera están modelados en perfiles de meteorización muy espesos, producto de la alteración de rocas graníticas pertenecientes al batolito antioqueño y de un conjunto diverso de rocas metamórficas. Los perfiles de meteorización en las rocas graníticas alcanzan espesores del orden de 35 a 90 m mientras que en las rocas metamórficas los espesores son menores.

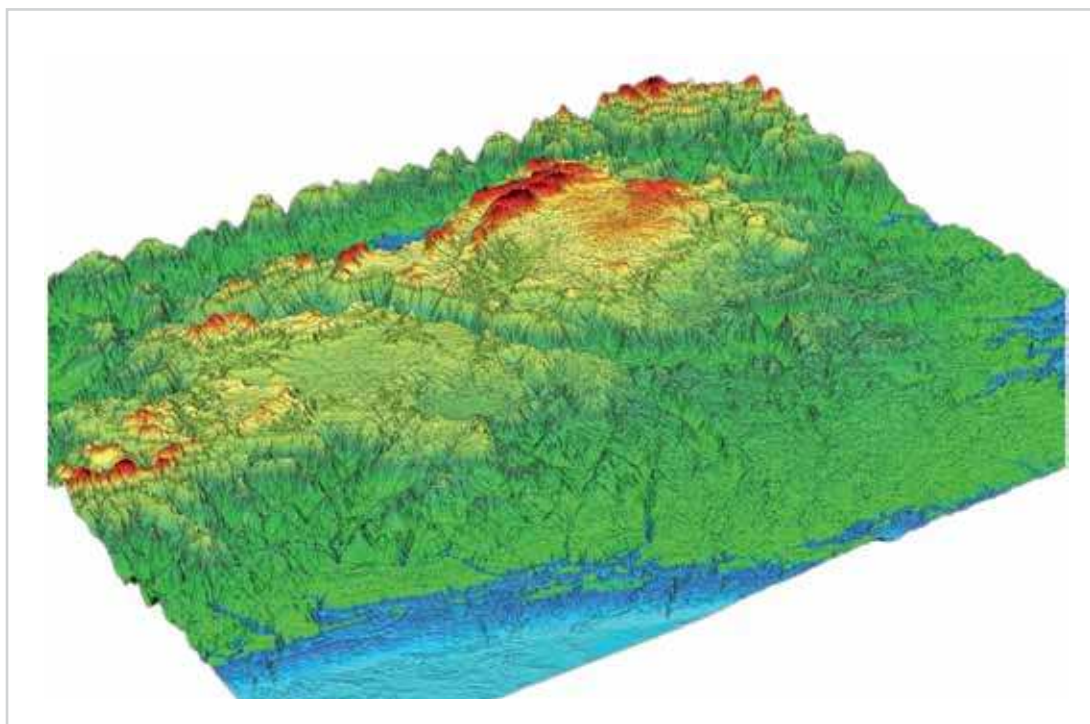
Los cuerpos aislados de rocas metamórficas, rodeados de las rocas graníticas del batolito antioqueño, se han interpretado tradicionalmente como techos remanentes del proceso de afloramiento de la masa de roca ígnea. Esta relación espacial permite el desarrollo de una denudación diferencial, resultado del contrastante en la resistencia de ambos tipos de roca a la alteración y la remoción.

Como resultado de ello se tiene una serie de cerros alargados, que sobresalen unos 200 a 250 m por encima del nivel medio de los altiplanos, modelados en las rocas metamórficas de techo. Estos cerros alargados han sido denominados cadenas de inselbergs (Arias, 1995, 1996) y los ejemplos más claros se presentan en los altiplanos de Santa Rosa de Osos y Rionegro.

Los altiplanos de la cordillera Central son relieves denudativos modelados en perfiles de meteorización muy espesos.

Figura 6.22.

Estructura del relieve del segmento cordillerano septentrional. Un basculamiento regional hacia el sur y hacia el oriente constituye la estructura dominante en este segmento. El altiplano más antiguo y más alto (en color rojo) ocupa el borde más occidental del flanco de la cordillera. Franjas de terreno estrechas con disección profunda marcan la separación entre los tres niveles de altiplanos. El valle del Aburrá, el cañón del río Medellín y el cañón del río Porce interrumpen la continuidad del sistema de altiplanos, y del sistema de escarpes erosivos regionales.



En el altiplano de Santa Rosa de Osos se presentan depósitos aluviales antiguos de gran espesor (de 50 a 70 m) con litificación muy baja y una alteración avanzada que da origen a perfiles de alteración bauxíticos y lateríticos que no presentan endurecimiento irreversible (Sánchez, 2007; Salazar, 2007; Arias et al, 2006). Estos materiales presentan inversión de relieve y modelan así la parte superior del relieve colinado.

El estudio estratigráfico de estos materiales permitirá en un futuro delinear los rangos temporales del modelado de estas unidades.

La sistematización y correlación de los diferentes altiplanos encuentra limitaciones cuando intenta realizarse con base en las posiciones altitudinales exclusivamente. El levantamiento tectónico basculante de este segmento genera desniveles de altitud significativos dentro de un mismo altiplano cuando su extensión es considerable.

Tres tipos de relieve conforman la estructura mórfica de este segmento: altiplanos, escarpes regionales y cañones. Estos elementos básicos han ido apareciendo en escena en respuesta a un proceso discontinuo de levantamiento tectónico de la cordillera Central, proceso que se remonta hasta antes del Oligoceno medio; la depositación de la formación Amagá presupone la existencia de zonas levantadas al oriente del receptáculo de acumulación de los sedimentos continentales.

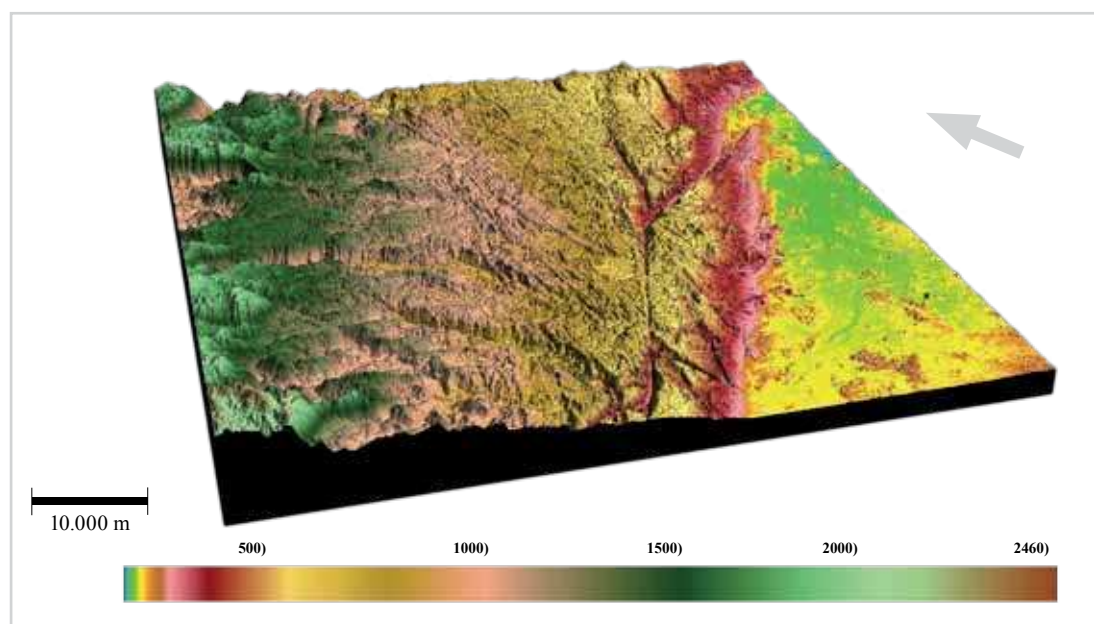
La estructura básica del relieve del segmento cordillerano la conforman tres altiplanos escalonados separados entre sí por dos escarpes erosivos regionales. Esta estructura sufre modificaciones importantes con la formación de cañones profundos y alargados que segmentan e interrumpen la continuidad precedente de los altiplanos y los escarpes.

Altiplano superior o Altiplano Páramo de Belmira-Páramo de Sonsón

Corresponde a un corredor de terreno alargado, estrecho y discontinuo, de dirección general N-S a N10°-20°O, de 120 km largo y 15 km de amplitud, localizado en la parte más occidental del segmento cordillerano. El altiplano se conserva como un sistema discontinuo de cerros o franjas de terreno alar-

Figura 6.23.

Dislocación tectónica del altiplano inferior por el sistema de falla Palestina. Varias trazas del sistema de falla Palestina dislocan el altiplano inferior, el bloque al occidente de la falla se hunde y el bloque al oriente se levanta. Los escarpes son bastante rectilíneos con una disección profunda del escarpe, pero sin retroceso importante de la corona.





gadas de cima plana, localizadas entre los 3000 y los 3200 msnm; los remanentes más orientales se ubican entre los 2.600 y los 2.800 msnm. Los remanentes más extensos se localizan en los extremos del corredor, los cuales le dan el nombre al altiplano.

El límite occidental es nítido y tajante y corresponde al frente de erosión activo del cañón del río Cauca, el cual constituye una línea pronunciada que se dispone en forma paralela con el sistema de fallas de Romeral, al menos en el tramo que va desde San José de la Montaña, en el norte, hasta la cuchilla de Romeral y el alto de San Miguel, en el sur. Los principales remanentes son:

- El altiplano del páramo de Belmira. Es el segmento mejor conservado; se extiende entre las poblaciones de San José de la Montaña y Belmira y en esta parte su altura alcanza los 3.050 a 3.150 msnm.
- La serranía de las Baldías, ubicada al occidente de la población de San Pedro de los Milagros e inmediatamente al norte del sitio El Boquerón; los puntos más altos de esta serranía se ubican a 3080 msnm.
- El cerro del Padre Amaya, ubicado al occidente de Medellín y a una altura de 3100 msnm.
- El altiplano de Santa Elena, ubicado entre los 2.600 y los 2.750 msnm y constituye el remanente más oriental de este altiplano.
- La franja de divisoria de aguas de los ríos Buey y Negro y Buey- Samaná Norte, en el cual vale resaltar el valle de la Unión.
- Más al sur, la conservación del altiplano se restringe a un relieve montañoso muy disectado; algunas cimas de cerros cerca a los nacimientos del río Medellín, al oriente del alto de Minas y en alrededores de la población de Sonsón podrían correlacionarse con este altiplano. El avance muy dinámico del frente de erosión del cañón del río Cauca a lo largo de las redes fluviales de los ríos Buey y Arma ha conseguido destruir totalmente la estructura del antiguo altiplano en su parte sur. Sin embargo, este altiplano reaparece en el departamento de Caldas, entre las poblaciones de Aguadas y San Félix, en donde el altiplano marca la cima de la cordillera Central.

Al sur de San Félix el altiplano se encuentra sepultado con los materiales volcánicos y vulcano-clásticos del volcanismo activo de la cordillera Central.

El altiplano intermedio o altiplano de Santa Rosa-Rionegro

Es un altiplano bastante extenso y ocupa la parte axial del flanco de la cordillera. Se extiende desde San José de la Montaña y Yarumal, en el norte, hasta El Retiro, La Ceja y Carmen de Viboral, en el sur; los límites occidental y sur son abruptos y los define la base de un escarpe erosivo regional que lo separa del altiplano antiguo. En su parte oriental el límite lo define la corona del escarpe regional San Pablo-Yarumal y el frente de erosión activo del río Magdalena.

El modelado del altiplano estuvo acompañado del desarrollo de geoformas típicas de la morfogénesis tropical tales como los peñoles (el peñol de Guatapé, el peñol de Entreríos), algunos inselbergs como El Capiro y El Chuscal, entre el Retiro y La Ceja, y algunas cadenas de inselbergs de poca longitud, como las ubicadas al noreste de Guarne, al norte de Don Matías y al oriente de San Pedro de los Milagros.

La formación del valle de Aburrá y el cañón del río Medellín segmentó este altiplano intermedio en dos porciones: el altiplano de Santa Rosa en el norte, localizado entre los 2.300 y los 3.000 msnm, y el altiplano de Rionegro, al sur, ubicado entre los 2.300 y los 2.200 msnm.



El altiplano inferior o altiplano Carolina-Gómez Plata- Embalse del Peñol

Es el altiplano más extenso del sistema; en las partes norte y noreste del departamento se extiende desde las poblaciones de Gómez Plata, Carolina y Guadalupe hasta la región de Maceo, Yalí y Vegachí.

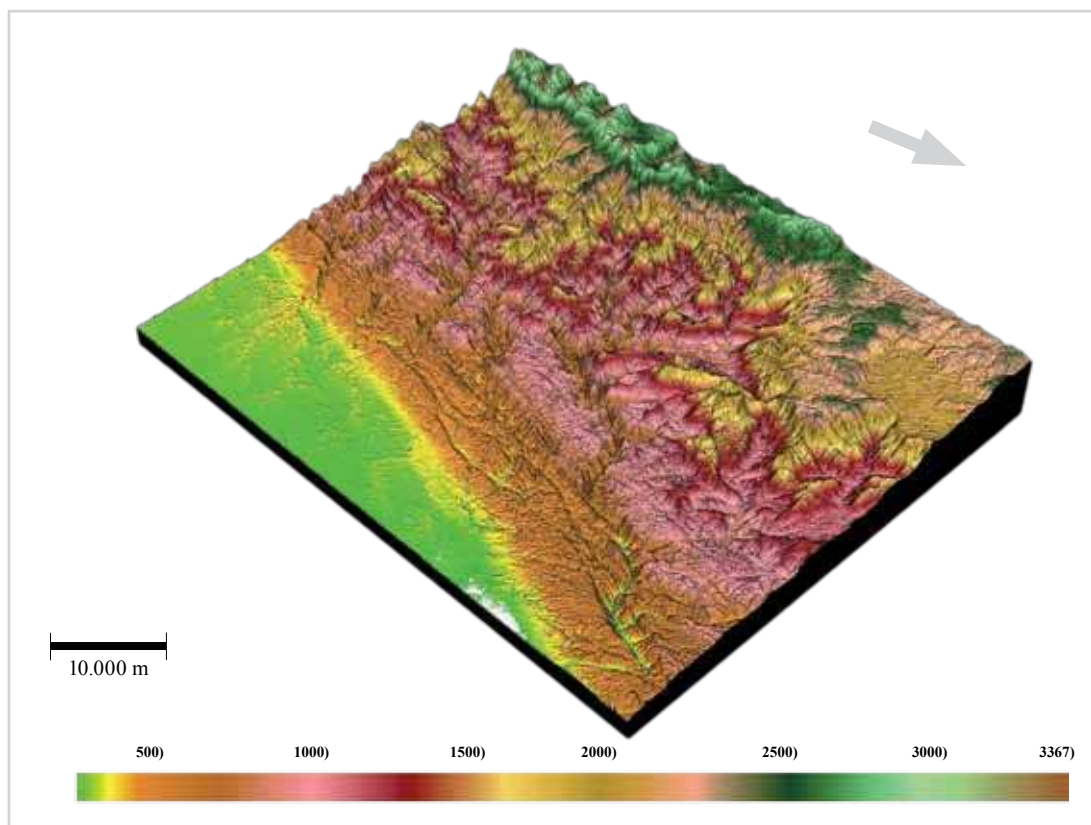
Al sur del cañón del río Nus constituye los terrenos donde se ubica el embalse del Peñol y se prolonga hacia las tierras localizadas al este y sureste.

La formación de los cañones lineales segmentó este altiplano en varios remanentes, todos ellos bien preservados:

- El altiplano Carolina-Gómez Plata-Guadalupe: remanente ubicado al occidente del cañón del río Porce; lo drenan la quebrada Hojas Anchas y el río Guadalupe en su recorrido final antes de entrar al cañón de Guadalupe, en el sector de El Salto.
- El altiplano de Anorí: corresponde al remanente más septentrional y, a diferencia de la mayor parte de los otros altiplanos, se encuentra modelado en rocas metamórficas. Está limitado lateralmente por el cañón ramificado del río Nechí al occidente y por el cañón lineal del río Porce al oriente.
- El altiplano de Amalfi-Yolombó: este altiplano está modelado en perfiles de meteorización derivados de las rocas graníticas del batolito antioqueño y de las rocas metamórficas paleozoicas. Se

Figura 6.24.

Bloques tectónicos y relieve montañoso en el sureste de Antioquia. Escarpes rectilíneos bien preservados asociados con dos sistemas de falla (Palestina y N30°O) marcan el control estructural y tectónico para el desarrollo de cañones lineales en la parte baja del flanco de la cordillera. La erosión remontante por los cañones lineales da origen a un sistema ramificado de cañones en la parte más sur del flanco. En la parte NE de la imagen se puede ver el altiplano “Embalse del Peñol” y la parte oriental del altiplano de La Unión.





extiende desde el cañón del río Porce, en la parte occidental, hasta llegar al piedemonte oriental de la cordillera.

El límite con el altiplano intermedio corresponde a un escarpe erosivo regional que se extiende desde el sector de Yarumal, en el norte, hasta la población de San Pablo, en el sur, en donde lo interrumpe el cañón del río Medellín-Porce en el sector de Porcecito. Continúa al oriente de Barbosa para terminar en el sector de El Peñol.

El altiplano presenta en la región del nordeste antioqueño una gradiente regional hacia el oriente muy marcada, testimonio de su levantamiento basculante.

El altiplano inferior en su parte oriental se encuentra dislocado por las fallas del sistema Palestina, lo cual da origen a un sistema de bloques tectónicos con desplazamientos diferenciales entre ellos.

Escarpes erosivos regionales

Corresponden a franjas alargadas y estrechas de relieve con disección profunda que marcan el límite entre dos altiplanos adyacentes. La combinación de escarpe y altiplano le dan al relieve de este segmento cordillerano su aspecto escalonado característico.

Budel (1982) denomina a estos escarpes como rumpfstufe y al inglés se ha traducido como etchplain escarpment. En español el vocablo más indicado sería el de escarpe erosivo regional. El adjetivo erosivo permitiría diferenciarlos de otros escarpes de carácter regional, ya sean de origen tectónico o asociados con líneas de falla y que ponen en contacto unidades litológicas con resistencias a la erosión contrastantes. El adjetivo regional, por su parte, permite diferenciarlos de un sinnúmero de escarpes de carácter local. Sin embargo, el criterio central para su identificación es el hecho de que marcan la separación entre dos niveles de altiplanos.

Este tipo de relieve se produce cuando una superficie de erosión formada cerca al nivel del mar es afectada por un levantamiento tectónico. El mecanismo de formación de los escarpes regionales registra en cierta medida la magnitud del levantamiento relativo entre los dos altiplanos separados por esta unidad del relieve.

En este segmento cordillerano se tienen dos escarpes regionales que sirven de separación a los tres altiplanos descritos.

Escarpe erosivo regional San José de la Montaña–Guatapé (escarpe superior).

Marca la separación entre los altiplanos superior e intermedio. Se puede seguir desde el sector de San José de la Montaña, en el norte, hasta la cabecera del embalse del proyecto hidroeléctrico Riogrande II. Reaparece al sureste del cañón del río Medellín en el Alto de la Sierra, cerca de la población de Guarne. A partir de este punto avanza por el valle de la quebrada La Mosca y continúa hacia Sajonia, El Retiro, Carmen de Viboral, El Peñol para terminar cerca de Guatapé.

Al oriente de la población de San Pedro de los Milagros, entre el río Chico y el alto de Quitasol, el escarpe fue parcialmente destruido como consecuencia de las prolongaciones lineales del altiplano intermedio dando origen a corredores del altiplano confinados lateralmente por dos pequeñas cadenas de inselbergs que conservan la dirección del antiguo escarpe.

En la parte norte, el escarpe marca la separación entre el altiplano Páramo de Belmira y el altiplano de Santa Rosa de Osos; tiene una dirección N20°-30°W, bastante constante, y una altura de 400 m. Está modelado en rocas metamórficas y se ubica al contacto de estas rocas con la cuarzodiorita del batolito antioqueño; igualmente es paralelo con el sistema de fallas de Belmira (Integral, 1982). El carácter lineal de este escarpe refleja que en su ubicación hay un control litológico y estructural; sin embargo,



se trata de un control pasivo, generado por contrastes marcados de resistencia a la erosión de las dos unidades litológicas.

En la parte sur el escarpe marca el límite entre el altiplano de Santa Elena y su correlato, el altiplano de La Unión, con el altiplano de Rionegro. El escarpe presenta una distribución en planta en forma de herradura, abierta hacia el norte y el noreste; un extremo de la herradura se ubica en el alto de la Sierra, cerca a Guarne, y el otro extremo se ubica cerca a Guatapé. En este sector, el escarpe está modelado en perfiles de meteorización y roca meteorizada de rocas metamórficas y rocas graníticas y en ambos tipos de materiales presenta alturas que fluctúan entre 400 y 450 m.

El escarpe termina abruptamente en ambos extremos: En la parte norte termina contra el frente de erosión activo del río Cauca, que avanza por el río San Andrés, y en su extremo sur lo interrumpe el frente de erosión activo del río Magdalena, que avanza por el río Guatapé.

En su parte media lo interrumpen el valle de Aburrá y el cañón del río Medellín.

Escarpe erosivo regional Yarumal-San Pablo–El Peñol (escarpe inferior)

Marca el límite entre los altiplanos intermedio e inferior. De manera similar al otro escarpe, el cañón lineal Medellín-Porce interrumpe su continuidad en el sector de Porcecito.

En la parte norte, el escarpe marca la separación entre el altiplano de Santa Rosa de Osos y el altiplano Carolina-Gómez Plata; en este sector presenta una altura de 500 a 600 metros, una dirección N15°-20° O y una longitud de unos 30 a 35 km. Su trayectoria es paralela con la del escarpe superior.

Está modelado en su totalidad en los materiales de alteración y en las rocas graníticas del batolito antioqueño; no guarda ninguna relación con el sistema de fallas N30°-45°O que afectan a esta unidad litológica. En ambos extremos este escarpe ha sido borrado por el desarrollo de cañones profundos: el cañón del río Grande en el extremo sur y el cañón del río Nechí en su extremo norte.

6.3.4.2.2 Cañones lineales

Los cañones lineales dentro del segmento cordillerano basculado al sureste corresponden a una generación de relieve posterior al sistema escalonado de altiplanos separados por los escarpes erosivos regionales. En consecuencia, los cañones lineales cortan e interrumpen la continuidad espacial de altiplanos y escarpes.

En el relieve de la cordillera Central en Antioquia existe una diversidad morfológica amplia de valles y cañones. En su sentido más general, los cañones son valles con un encajamiento vertical pronunciado respecto a su amplitud lateral. En los cañones, resalta el encajamiento respecto a la amplitud lateral mientras en los valles ocurre la situación opuesta.

Los cañones se pueden diferenciar en dos tipos: lineales y ramificados.

En los cañones lineales se desarrolla un cañón único, los afluentes de la corriente principal son de corta longitud y su recorrido se restringe a los flancos laterales.

En los cañones ramificados, cada corriente modela su respectivo cañón para dar origen a un sistema jerárquico de cañones en los cuales las dimensiones de cada cañón guardan relación directa con el orden de la corriente.

La diferencia entre cañón y valle no reside en un valor cuantitativo límite. Dentro de los altiplanos de la cordillera se hace referencia a valles mientras a aquellas estructuras mórnicas con encajamiento pronunciado se les denomina como cañones y en este sentido se habla del cañón del río Porce y del cañón



del río Nus. Sin embargo, se habla del valle de Aburrá, aunque el encajamiento de este relieve es de la misma proporción que en los cañones. Un argumento a favor de la denominación de valle: el valle de Aburrá presenta una amplitud mucho mayor que aquélla de los cañones lineales.

Los cañones más importantes son:

- El del río Medellín entre Bello y Porcecito.
- El del río Porce.
- El del río Nus.
- El cañón de Matorongo, correspondiente al curso inferior del río Grande, después de salir del altiplano de Santa Rosa de Osos.
- El cañón del río Guadalupe en el recorrido final de la corriente antes de tributar sus aguas al río Porce.
- En la parte oriental del flanco cordillerano se presenta un sistema de cañones lineales paralelos, controlados estructuralmente por un sistema de fallas de dirección N30°O. Corresponde a los cañones lineales de los ríos Nus, Samaná Norte, Claro y Nare.
- En la parte norte del segmento se presentan otros cañones lineales de dirección N-S, algunos de ellos controlados estructuralmente por algunas de las fallas del sistema Palestina. Los cañones más importantes están asociados con los ríos Mata, Pocuné y Tiguí. Estos cañones lineales guardan relaciones de génesis con los cañones lineales de la cara frontal de la cordillera.

Los cañones lineales se formaron a partir de valles aluviales amplios levemente encajados en los altiplanos; el proceso de disección vertical y ampliación lateral les permitió un encajamiento significativo, que condujo finalmente a una segmentación de los altiplanos intermedio e inferior. Este proceso explica por qué todos los cañones antes mencionados se encuentran limitados lateralmente por altiplanos equialtitudinales.

El modelado de los cañones lineales introdujo modificaciones importantes a la estructura de la red de drenaje y el sistema de distribución de cuencas hidrográficas en el flanco de la cordillera. La formación de cañón lineal de los ríos Medellín-Porce condujo a la captura de las redes de drenaje localizadas al occidente del cañón, que previamente drenaban hacia la cuenca del río Magdalena siguiendo una paleoarteria fluvial constituida por los ríos Grande y Nus. El análisis detallado de las redes de drenaje presentes sobre los altiplanos y sus relaciones con las redes asociadas al desarrollo de los cañones constituyen otro elemento que reafirma el carácter reciente de la formación de los cañones. A modo de ejemplo mencionaremos dos casos significativos:

Algunos valles en el altiplano de Amalfi se pueden continuar en el altiplano de Anorí, aunque ambos altiplanos están separados por el cañón del río Porce. La continuidad del valle del río Riachón, localizado en el primer altiplano, se puede seguir en el valle de la quebrada La Soledad en el segundo altiplano. Esta posible correlación indicaría que con anterioridad a la formación del cañón, la red de drenaje en esta parte del altiplano inferior fluía de oriente a occidente. Sólo así es posible explicar ciertas anomalías en el relieve, a saber:

-Varias de las corrientes que drenan el altiplano de Anorí nacen cerca al borde entre el altiplano y el cañón del río Porce; ninguna de ellas presenta la estructura en anfiteatro (cabecera con respaldo posterior o head valley) característica del nacimiento. Por el contrario, todas arrancan con una sección “en V”.



- Más anómalo aún es el hecho de que la quebrada La Soledad en su supuesto nacimiento presenta una terraza aluvial cuyo depósito es del orden de los 10 m de espesor.

Estos hechos sólo son comprensibles si se supone la existencia previa de una corriente que avanzaba desde el altiplano de Amalfi hacia el de Anorí y que posteriormente fue interrumpida por el encajamiento del cañón del río Porce.

En los alrededores del valle de Aburrá, la expresión geomorfológica de valles aluviales interrumpidos y colgados se tiene en el valle de la quebrada La Mosca en el sitio de el alto de la Sierra. En este supuesto sitio de nacimiento de la quebrada no existe la estructura de cabecera con respaldo posterior y en su lugar se presenta una sección “en V” muy abierta. En este sitio se interrumpe bruscamente la continuidad aguas arriba del valle de la quebrada La Mosca para reencontrarla de nuevo en el tramo N30°W del río Chico, aguas arriba del actual embalse de Riogrande II.

Entre ambas corrientes se presentan un mosaico de valles pequeños y cadenas de inselbergs N20°-30°W ubicadas entre la serranía de Las Baldías y el sector de La Lana, al norte y al oriente de la población de San Pedro de los Milagros. En estas circunstancias, el alto de Medina y la vereda Piedras Blancas marcan el flanco occidental de este valle, mientras que la cuchilla El Contador y la vereda San Antonio, al oriente de Guarne, marcan el flanco oriental.

La estructura de la red de drenaje con antelación al modelado de los cañones lineales profundos presentaba diferencias importantes con la estructura de drenaje actual. Los cambios más importantes se relacionan con el modelado del cañón del río Porce y su prolongación en el cañón del río Medellín. Las anomalías en la red de drenaje permiten identificar algunas características de la red precedente:

- En la zona norte los drenajes fluían del oriente hacia el occidente, desde el altiplano de Amalfi hacia el de Anorí. Esto explica el porqué el río Porce recibe tributarios desde el altiplano de Amalfi mientras en su margen izquierda los tributarios nacen dentro del cañón y las corrientes del altiplano de Anorí fluyen hacia el río Nechí.
- En la parte intermedia, el río Grande continuaba a través del río Nus, conformando una red de drenaje con una dirección oeste-este. A esta paleoarteria fluvial tributaba el antiguo río Medellín, cuyos nacimientos se ubicaban a la altura de Ancón Norte. Las aguas del paleorío Medellín llegaban al río Magdalena a través del río Nus.
- En los alrededores del valle de Aburrá, los drenajes confluían hacia El Alto de la Sierra y salían a través de la quebrada La Mosca. En este cuadro, el río Aburrá, la quebrada La García y los drenajes del paleovalle de Aburrá convergían hacia el alto de la Sierra y encontraban su salida hacia el altiplano de Rionegro. Los valles de todas estas corrientes serían amplios y poco profundos, semejándose a los actuales valles de los ríos Negro y Riachón.

La poca profundidad de estos valles queda parcialmente registrada en el sitio La Quiebra, cerca a Cisneros, en el que la divisoria de agua entre la quebrada Santiago y el río Nus se ubica a 150 m por debajo del nivel de los altiplanos de Amalfi-Yolombó y Rionegro. De todos los valles, el que tenía un encajamiento mayor sería el valle de Aburrá, con una profundidad de 400 a 800 m, que es la diferencia de cota entre el alto de la Sierra (2300 msnm) y el altiplano de Santa Elena (2700 msnm) o con el cerro del Padre Amaya (3.100 msnm).

De acuerdo con estas interpretaciones hipotéticas, la zona comprendida entre el alto de la Sierra, Ancón Norte y el alto de Medina marcaría una divisoria de aguas entre el paleorío Medellín y los drenajes del antiguo valle de Aburrá.

Las relaciones actuales entre los cañones lineales las determinó la formación del cañón del río Porce.

La configuración como cañón lineal se inició cerca a las poblaciones de Zaragoza y El Bagre y avanzó por el eje de la cordillera Central hasta alcanzar el sitio de Porcecito. La formación de este cañón estuvo



acompañada de procesos de captura de las redes de drenaje de los ríos Guadalupe, Grande y Medellín. La captura de la red de drenaje del río Guadalupe, la que previamente se continuaba a través del río San Pablo. La erosión remontante por este río dio lugar a la formación de un cañón amplio y profundo aguas abajo de la población de El Salto, cerca a Guadalupe. Este proceso de captura es el responsable del contraste en la morfología del río Guadalupe: Aguas arriba de El Salto presenta la morfología típica de los valles suavemente encajados en los altiplanos, con un discurrir sinuoso sobre una llanura aluvial discontinua flanqueada por colinas. Luego de El Salto, el río presenta una caída libre de unos 700 a 800 metros para luego discurrir como un torrente de montaña a lo largo de un cañón que puede alcanzar 900 a 1100 m de profundidad.

En su avance remontante, el cañón del río Porce intercepta la arteria fluvial río Grande-río Nus, que fluía de occidente a oriente, integrando al río Grande a la nueva red de drenaje en formación. Igualmente, consigue avanzar hacia el río Nus, dando lugar a la formación de la quebrada Santiago, para originar así una divisoria de aguas en el sitio del túnel de La Quebra, la cual se ubica a unos 150 m por debajo del nivel de los altiplanos aledaños; esta diferencia de altura marca aproximadamente la magnitud máxima del encajamiento del paleorío Grande-Nus. La erosión remontante en Porcecito se continuó por tres ejes:

- Un eje, relativamente corto, da origen al cañón de la quebrada Santiago. Este fenómeno de captura explicaría el porqué una quebrada de tan poca longitud (6.0 km) forma un cañón tan amplio y profundo.
- Un segundo eje continuó por el río Grande y avanzó por la vereda de Mocarongo hasta alcanzar el actual sitio de la presa de Riogrande I.
- Un tercer eje avanzó a lo largo del antiguo valle del río Medellín, reactivando muy dinámicamente la disección vertical y la ampliación lateral para transformarlo así de un valle abierto y amplio en un cañón “en V”. La reactivación pronunciada de la dinámica fluvial, asociada con el proceso de levantamiento, fue lo suficientemente eficiente como para conseguir manifestarse en la zona de los nacimientos, los cuales se ubicaban a la altura de Ancón Norte.

La acción remontante en este sitio consiguió integrar al río Medellín los drenajes del valle de Aburrá que fluían a través de la quebrada La Mosca.

Con esta última captura se completan las relaciones actuales de la red drenaje.

Una vez conformada la arteria fluvial río Porce-río Medellín-drenajes del valle de Aburrá, los cañones continuaron un desarrollo geomorfológico tradicional: un proceso continuado de disección vertical y ampliación lateral cuyas eficiencias entran a depender del tipo de roca sobre las cuales actúan y que en general responden a un proceso de levantamiento que continúa hasta el presente.

La evolución morfológica de los cañones parte de una configuración inicial como valles “en V” con vertientes largas e inclinadas que confluyen en el canal fluvial de la corriente, generalmente modelado en roca. En este tipo de cañones las pendientes más pronunciadas se ubican en las zonas adyacentes a la corriente mayor y disminuyen hacia las partes altas.

El balance entre los procesos de meteorización y remoción se pueden evaluar con base en el espesor de los perfiles de alteración de las rocas. En este tipo de cañones la remoción es mas intensa en las partes bajas en donde predominan vertientes modeladas en roca fresca o parcialmente meteorizada mientras que en las partes altas del cañón los perfiles alcanzan espesores del orden de los 8 a los 15 m, indicando con ello una menor eficiencia de la remoción. En esta fase del desarrollo mórfico las diferencias litológicas tienen poco peso en la producción de geoformas.

Los cambios posteriores se inician con la configuración de un sistema escalonado de colinas en la parte media inferior de los cañones. En esta fase los perfiles de meteorización de mayor espesor se ubican



en la parte inferior del cañón en tanto que las zonas con afloramiento de roca fresca se localizan en la parte superior de los cañones.

El cambio mórfico de un cañón lineal “en V” a un cañón lineal con un sistema escalonado de colinas en su parte media-inferior implica un reordenamiento de los comportamientos y de la estructuras del relieve.

En el fondo de los cañones “en V” actúan una incisión fluvial vigorosa y una remoción intensa de las vertientes adyacentes para dar origen a vertientes modeladas en roca (vertientes limitadas por meteorización); en este sentido, la remoción intensa y las vertientes en roca con pendientes pronunciadas se localizan en la franja más baja de los cañones “en V”.

Este escenario cambia radicalmente en los cañones con desarrollo de colinas escalonadas en su parte media-inferior. El desarrollo de perfiles de meteorización muy espesos se desarrolla en las partes bajas del cañón, modelando vertientes limitadas por remoción de pendientes más suaves. La remoción más intensa migra de las partes bajas hacia las partes medias y en las fases más avanzadas de desarrollo mórfico se localiza en las partes superiores de los flancos, adyacentes a las coronas de los flancos.

Otra fase del desarrollo mórfico de los cañones lineales corresponde a la presencia de un sistema de colinas bajas y equialtitudinales, localizadas en la parte más baja del cañón, y configuran lo que bien puede denominarse como un cañón con un fondo colinado suave.

Otra fase de desarrollo aparece cuando en el fondo del cañón los relieves de acumulación de materiales aluviales predominan sobre el modelado denudativo de colinas bajas.

Entre los dos estados precedentes se pueden identificar un conjunto de estados intermedios, en los cuales se presenta un fondo de cañón con colinas convexas bajas aisladas y separadas entre sí por zonas planas de acumulación correspondientes a las llanuras aluviales actuales de las corrientes.

Ejemplos de estos estados de desarrollo mórfico se presentan en todos los cañones lineales pero la distribución espacial de ellos es bastante compleja.

Es factible suponer que el tránsito de un cañón lineal “en V” a cañones lineales con fondos planos de acumulación o en donde predominan colinas saprolíticas bajas, convexas y equialtitudinales implica una reducción de intensidad del proceso de incisión fluvial, acompañado a la vez de una ampliación del fondo de los cañones.

Este posible esquema de evolución de los cañones lineales puede variar en su ritmo de desarrollo entre las rocas graníticas del batolito antioqueño y las rocas metamórficas. Igualmente puede estar influenciado por su ubicación respecto a las líneas de falla, en las que se concentran los desplazamientos verticales responsables del levantamiento de la cordillera.

El estudio y los significados de la distribución espacial de los diferentes estados de desarrollo mórfico de los cañones lineales es un trabajo pendiente, que puede ofrecer nuevas perspectivas para comprender el proceso y los mecanismos de levantamiento de la cordillera Central. La resolución espacial de los modelos de elevación digital (MED) disponibles para el territorio de Antioquia es insuficiente para abordar este tema con propiedad.

Bloques tectónicos levantados en la parte oriental

En la parte oriental del flanco cordillerano el altiplano inferior se encuentra desplazado por varias de las trazas del sistema de falla Palestina. La relación entre altiplano y sistema de falla es importante porque permite diferenciar varios estados de comportamiento mórfico diferentes hacia la zona del piedemonte oriental de la cordillera.



En primer lugar, el modelado de aplanamiento presupone una relativa inactividad tectónica en este sistema de falla.

El levantamiento basculante del altiplano puede ser anterior a las dislocaciones tectónicas; sin embargo, también es factible que se trate de procesos sincrónicos.

149

La distribución espacial de los bloques tectónicos indica que se trata de movimientos de ángulo fuerte en las fallas del sistema Palestina; los desplazamientos generan el levantamiento del bloque oriental y el hundimiento del bloque occidental. Como el desplazamiento se repite en varias fallas paralelas, el fenómeno resultante es la existencia de bloques fallados limitados lateralmente por fallas y basculados al oriente.

Los bloques tectónicos basculados están limitados lateralmente por cañones lineales o por escarpes muy rectilíneos. En la parte superior de ellos se conserva el relieve colinado característico del altiplano inferior.

Los escarpes de falla en esta parte son bastante rectilíneos y las superficies presentan una disección moderada.

Valle de Aburrá

El valle de Aburrá presenta un encajamiento respecto al nivel de los altiplanos de la misma magnitud que los cañones lineales. Lateralmente limita con remanentes del altiplano superior.

Se diferencia de los cañones lineales, especialmente del cañón del río Medellín, al cual se integra en su funcionamiento hidrológico e hidráulico, por una mayor amplitud.

Es factible suponer que el valle de Aburrá constituye un estado de evolución mórfica más avanzado respecto a los cañones lineales con un fondo plano mixto de colinas bajas equialtitudinales y zonas de acumulación. Los cambios en este caso serían:

- Un incremento de la amplitud del fondo plano.
- Un predominio en este fondo de los relieves de acumulación fluvial respecto de los relieves denudativos de las colinas; estas últimas estarían representadas en los cerros Nutibara y El Volador, ambos desconectados del relieve colinado de las partes bajas de los flancos.
- Una migración de la remoción intensa hacia la parte superior de los flancos en donde se configuran vertientes de pendiente pronunciada modeladas en roca.
- El incremento en la amplitud del fondo plano se produce a costa de un incremento en la inclinación de los flancos laterales, especialmente en sus partes superiores.
- Sin embargo, en el valle de Aburrá están presentes otras estructuras mórficas ausentes en el sistema de los cañones lineales, a saber:
- El valle de Aburrá se distribuye en dos niveles altitudinales: Ancón Sur-Parque Norte y Solla-Niquía, separados por un tramo en el cual desaparece el fondo plano (tramo entre el Parque Norte y Solla).
- La existencia de litologías muy diferentes en flancos opuestos no ocurre en los cañones lineales.
- La existencia de un periodo relativamente reciente de desarrollo de movimientos en masa que cubren la mayor parte de la parte media y baja de los flancos, excepto en aquellos sectores de



flanco modelados en las rocas graníticas del batolito de Altavista entre las quebradas Doña María e Iguaná.

La amplitud del valle de Aburrá posiblemente es un rasgo heredado de las fases tempranas de su desarrollo mórfico. Este relieve ha sido objeto de discusiones formales e informales entre la comunidad local de geólogos. El debate central se enfoca en una discusión excluyente entre un origen tectónico y un origen erosivo. Entre los rasgos que diferencian al valle de Aburrá de los cañones lineales debería incluirse el papel de los controles estructurales que ejercen un sistema de falla de dirección N30°O, relacionado espacialmente con el corredor de rocas metamórficas que se extienden desde el páramo de Belmira, en el norte, hasta la cuenca del río Buey, en el sur. Este sistema de falla controla estructuralmente la orientación espacial de las cuencas mayores encajadas en los flancos del valle (La García, Santa Elena, Iguaná, Ayurá y La Doctora). La quebrada Doña María presenta un control estructural marcado por la traza más oriental del sistema de falla de Romeral. El control estructural puede haber jugado un papel importante en el desarrollo temprano de un valle de altiplano de gran amplitud.

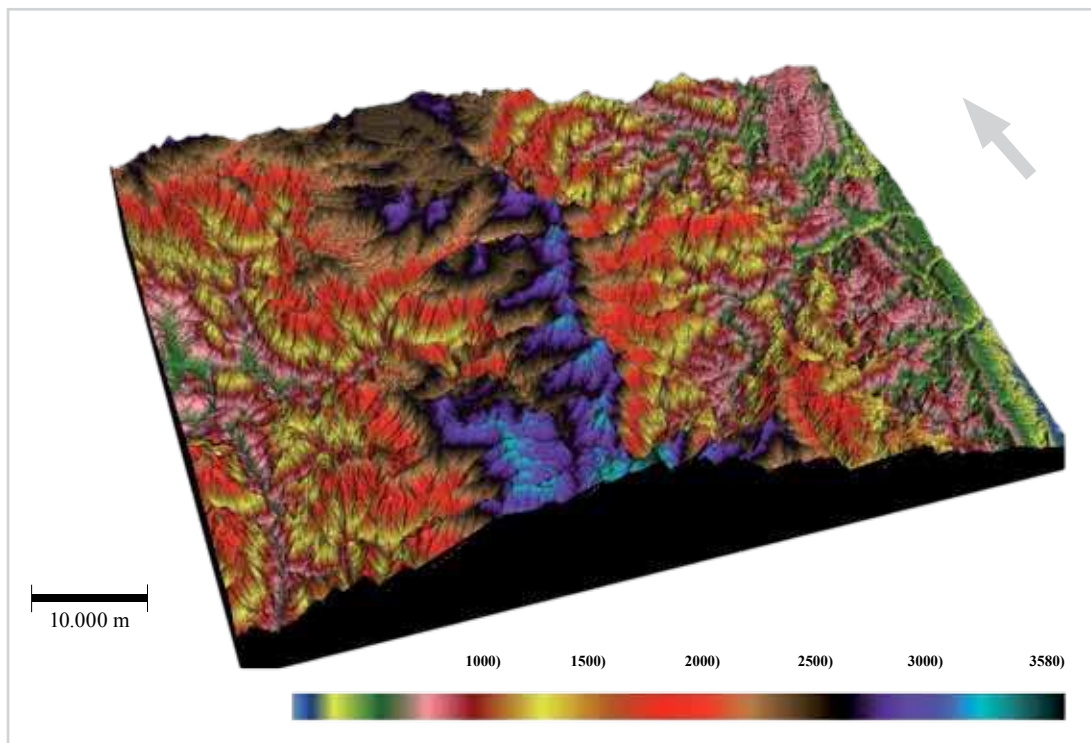
Es interesante anotar que los controles estructurales más importantes son de dirección N30°O en tanto que la orientación del valle es N-S.

6.3.4.3 Segmento cordillerano triangular simétrico

En el sector sur de la cordillera Central, en el tramo entre Mesopotamia y Sonsón, la estructura mórfica del edificio cordillerano presenta diferencias sustanciales respecto a la estructura del segmento precedente. Las diferencias más importantes son:

Figura 6.25.

Estructura del relieve para el segmento cordillerano triangular simétrico. El segmento cordillerano entre las poblaciones de Mesopotamia y Sonsón presenta una configuración mórfica muy distinta de aquella del Segmento cordillerano septentrional. En ambos flancos predomina un relieve montañoso con disección profunda. El eje de simetría del corredor y el eje de divisoria de aguas coinciden espacialmente.





- La divisoria regional de aguas se ubica en cercanías al eje de simetría del corredor y por lo tanto el segmento adquiere una morfología triangular simétrica. En el tramo precedente la morfología general corresponde a un segmento asimétrico basculado al sureste (figura 6.25).
- En el flanco oriental de la cordillera se configura un relieve de disección profunda, es decir, un relieve montañoso que sustituye al sistema escalonado de altiplanos ubicados un poco más al norte. La disección ha sido tan vigorosa que los únicos vestigios de los altiplanos pre-existentes se reduce a la presencia de cuchillas alargadas, cuyo eje de divisoria presenta gradientes suaves (figuras 6.25 y 6.24).
- En el flanco occidental de la cordillera, el frente de erosión del río Arma modela una red de cañones profundos separados por remanentes de dos niveles de altiplanos: el altiplano superior antes descrito y el altiplano de Abejorral. Este último no guarda correlación con el sistema escalonado antes descrito.
- Adyacente a la divisoria regional de aguas se presentan remanentes del altiplano superior localizados entre los 2900 y los 3200 msnm. Este altiplano se continúa por el eje de la cordillera Central en el departamento de Caldas, configurando la cuenca alta del río Arma.
- El altiplano de Abejorral se localiza hacia el occidente de los remanentes del altiplano antiguo; se localiza hacia los 2200 a 2600 msnm. Este altiplano correlaciona altitudinalmente con un altiplano muy disectado, localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central en el departamento de Caldas, en el cual se localizan las poblaciones de Aranzazu, Neira y Manizales.

La distribución altitudinal en el altiplano superior en esta zona, al compararla con la distribución del departamento de Caldas (cuenca alta del río Arma), indica la existencia de una gradiente regional con inclinación hacia el norte. Esta gradiente es de sentido opuesto a la identificada para el segmento cordillerano basculado, que se inclina al sureste.

El cambio en el sentido de inclinación de la gradiente regional de los altiplanos coincide aproximadamente con el lineamiento regional que hacen el cañón del río Arma, en su recorrido inferior, y el río Cauca, en el tramo La Pintada-Bolombolo.

En esta discusión se insiste en considerar este rasgo regional como un lineamiento sin suponer de entrada el carácter de falla hasta tanto estudios de reconocimiento y detalle precisen su naturaleza.

La estructura mórfica de este segmento lo asemeja al relieve de la cordillera Central en el departamento de Caldas y lo diferencia claramente de la estructura que presenta la mayor parte de la cordillera Central en Antioquia.

La existencia de frentes de erosión laterales que avanzan en sentido convergente, para confluir en la línea de divisorias, es un fenómeno que no ocurre al norte de la población de Mesopotamia, en el sureste de Antioquia.

6.4 La morfogénesis de los períodos fríos en el sistema de altiplanos.

Los cambios climáticos durante el Cuaternario han introducido modificaciones a la estructura del relieve, algunas de ellas de carácter secundario y otras más significativas. La importancia de las modificaciones guarda relación estrecha con la posición altitudinal; son más significativas aquellas geoformas localizadas por encima de los 3200 a 3500 msnm.

En la cordillera Central, el perfil de meteorización del altiplano superior ha sido removido, lo que hace que el terreno quede modelado en una franja de roca meteorizada de poco espesor (50 a 80 cm) debajo del cual se encuentra la roca fresca. Esta superficie se encuentra recubierta en el altiplano de Santa Elena con cenizas volcánicas del Holoceno.



Un truncamiento regional de la parte más externa de los perfiles de meteorización se presenta en el altiplano de Santa Rosa de Osos, en terrenos localizados por encima de los 2500 msnm. La profundidad del truncamiento aumenta sistemáticamente con el incremento de la altitud entre los 2500 msnm y los 3000 msnm, en donde el truncamiento puede ser del orden de 1.0 a 1.2 m. Lo importante en este caso es señalar que se trata de un fenómeno de carácter regional.

Por encima de los 2900 msnm se encuentran en el altiplano páramo de Belmira y en el altiplano páramo de Sonsón un tipo especial de valles, ausentes por debajo de estos niveles. Se trata de valles abiertos y amplios, sin fondo plano, modelados en roca fresca y recubiertos con un manto continuo de fragmentos angulares de roca. Este modelado es especialmente claro en terrenos modelados en esquistos micáceos.

Se presentan geoformas denudativas locales de origen glaciar, como circos glaciales degradados y terrenos con modelado de rocas aborregadas, en el páramo de Belmira y en el páramo de Frontino. En este último se encuentran además valles glaciales típicos bien conservados (figura 6.1).

7. Evolución del relieve

7.1 Introducción

La historia natural de la evolución del relieve de la superficie terrestre es el resultado de la interrelación entre la historia geológica de la corteza terrestre y la historia geomorfológica de los comportamientos de superficie.

El estudio de la evolución de los cinturones cordilleranos implica emplear una directriz metodológica que permita combinar adecuadamente los testimonios de carácter geológico (litologías y estructuras) y de carácter geomorfológico (los paleorrelieves y los relieves actuales).

El testimonio geológico se puede clasificar en dos categorías mayores, desde un punto de vista genético y cronológico.

- En una primera categoría se agrupan aquellos procesos geológicos básicos con asiento en el interior de la corteza, en los niveles intermedios y profundos, tales como el plutonismo, el metamorfismo, las deformaciones plásticas y sus respectivas litologías y estructuras. Esta dinámica geológica es la responsable de la configuración fundamental de la corteza de los cinturones cordilleranos.
- En una segunda categoría se agrupan los procesos geológicos de superficie (meteorización, remoción, transporte y depositación), relacionados con comportamientos morfogenéticos diferentes.

El fundamento teórico del concepto de terreno geológico incorpora ambas categorías con los conceptos de terreno fundamental y supraterrreno.

En la mayoría de los terrenos geológicos existe una relación temporal desproporcionada entre las duraciones de ambas categorías, de tal modo que la configuración del terreno fundamental se inscribe en la escala de 10⁸ años mientras la del supraterrreno se inscribe en la escala de 10⁷ años; es frecuente que la edad de los supraterrrenos más antiguos no vaya más allá del Cretáceo y en la mayoría de los casos las unidades son del Terciario.

Igualmente, entre los intervalos temporales de ambas categorías se interponen largos períodos erosivos, como ocurre en el terreno San Jorge-Plato de Etayo et al (1983) y en el terreno tahamí de Restrepo & Toussaint (1989)..



Las relaciones entre la historia geológica para la configuración actual de la corteza terrestre y la historia geomorfológica de la evolución del relieve de la superficie de la corteza, en el caso de la región de Antioquia, permiten plantear la existencia de los siguientes períodos:

- Con registro geológico pero sin registro geomorfológico.
- Con registro geomorfológico pero sin historia geológica (lo que se denomina hiato geológico).
- Con ambos registros.

El registro, ya sea en términos geológicos (litologías y estructuras geológicas) o geomorfológico (generaciones de relieve), constituye el referente fundamental para postular una explicación.

La ausencia de registro es, paradójicamente, otra forma de registro y se debe incorporar en las explicaciones. La duda inherente a toda explicación científica que se apoya en un conjunto de registros conduce a reconocer que se plantea una historia y no la historia de la evolución del relieve de Antioquia.

Las interpretaciones históricas acerca de la configuración de la corteza y de la evolución de los cinturones cordilleranos se remontan hasta el Precámbrico, con las rocas más antiguas que afloran en el departamento, correspondientes a “neis de alto grado de metamorfismo, de composición cuarzo-feldespática con intercalaciones lenticulares concordantes de anfibolitas y mármoles” (González, 2001).

Las historias geológicas muy largas (desde el Precámbrico o Paleozoico hasta el Cuaternario) contrastan con la postulación de historias geomorfológicas muy cortas, generalmente circunscritas al Cuaternario y en algunos casos al Pleistoceno superior-Holoceno. La brevedad relativa de las historias geomorfológicas postuladas generalmente se orienta a plantearla como una consecuencia reciente del levantamiento tectónico de los cinturones cordilleranos.

La brevedad temporal y la ausencia de autonomía para su despliegue marcan a la mayoría de las explicaciones postuladas para comprender el relieve de la región de Antioquia. Se trata de una especie de orientación conceptual, resultado de concebir el relieve subaéreo de la superficie terrestre como una variable dependiente de procesos y estructuras geológicas, consideradas éstas últimas como las únicas variables independientes.

En contraposición al imaginario dominante, es factible concebir una historia geomorfológica larga, que permita incorporar un conjunto diverso de paleorrelieves dentro de los cinturones cordilleranos, algunos de los cuales anteceden temporalmente al proceso de levantamiento tectónico de la cordillera Central. Una comparación a gran escala del relieve de la cordillera Central en Colombia permite concluir la presencia de paleorrelieves extensos en la región de Antioquia, cuya estructura básica de superficies de erosión remonta al Paleógeno o al menos anteceden la depositación de la formación Amagá.

7.2 Génesis y evolución de la parte norte de la cordillera Central

La estructura mórfica global de numerosos segmentos cordilleranos de tipo trapezoidal y de segmentos o bloques basculados consiste de una zona superior amplia de cima con relieves planos, ondulados o colinados, con valles amplios de encajamiento moderado; en los flancos de estos cinturones se configura un relieve montañoso de vertientes largas, muy inclinadas, con gradientes altitudinales pronunciadas y un relieve relativo pronunciado, frecuentemente en el rango de 700 a 1.200 m.

Esta configuración mórfica evidencia en muchos casos la presencia de una o varias superficies de erosión localizadas en la parte superior de los edificios cordilleranos. En muchos casos, sobre estas superficies de carácter regional se pueden encontrar formaciones sedimentarias continentales y volcánicas de edad terciaria y cuaternaria, las cuales permiten definir una edad mínima para el evento denudativo responsable del aplanamiento.



La existencia de estructuras mórficas aplanadas en la parte superior de los cinturones cordilleranos se interpreta, frecuentemente, como un testimonio de períodos de aplanamiento regional que anteceden al proceso de levantamiento tectónico de las cordilleras. La existencia de este registro geomorfológico en el relieve de las cordilleras permite establecer un ordenamiento temporal de las litologías y estructuras geológicas. Más importante aún, permite contar con un referente de estado mórfico inicial para ordenar temporalmente las nuevas generaciones de relieve que lo modifican.

Morfologías de este tipo son frecuentes en diferentes segmentos a lo largo de los Andes colombianos, especialmente en el sector del departamento de Antioquia.

Los registros de la evolución de la parte norte de la cordillera Central se pueden ordenar cronológicamente con base en la relación temporal relativa con dos períodos fundamentales, a saber: la existencia de un período de aplanamiento regional amplio y el proceso de levantamiento tectónico. Los registros, geológico y geomorfológico, se pueden ordenar en tres fases:

- De configuración cortical: en ella se agrupan todas las unidades litológicas con evidencias de haber estado afectadas por un aplanamiento de carácter regional. Corresponden al marco geológico-estructural del cuerpo cordillerano asociado en lo fundamental con unas litologías muy diversas preterciarias.
- Fase de aplanamiento regional ancestral: corresponde con el comportamiento morfogénico que genera un aplanamiento regional en una zona extensa en la que se localiza actualmente la cordillera Central y que se prolonga hacia el norte y el sur del departamento de Antioquia. En esta fase se incorporan además las formaciones sedimentarias y los paleorrelieves sincrónicos y correlativos con el aplanamiento.
- De levantamiento tectónico efectivo. Formaciones sedimentarias y vulcano-sedimentarias posteriores al aplanamiento y sincrónicas con el período de levantamiento.
- Fase del Cuaternario. Es una fase donde coexisten los mecanismos de modelado heredados de la fase III y nuevos mecanismos de modelado relacionados con los cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario.

7.2.1 Fase de configuración cortical

Corresponde a una fase con una historia geológica de larga duración, durante la cual se configuran las litologías y estructuras geológicas mayores de la corteza del cinturón cordillerano. Se trata de una fase que se extiende desde el Precámbrico y el Paleozoico hasta finales del Mesozoico (Cretáceo tardío). De acuerdo con la cartografía geológica más reciente disponible (Ingeominas, 1997), no existen formaciones sedimentarias continentales de edad preterciaria en la parte norte de las cordilleras Central y Occidental en jurisdicción del departamento de Antioquia.

Las explicaciones acerca de la configuración cortical de la cordillera Central se describen durante las últimas dos décadas en términos de terrenos geológicos y las relaciones genéticas y espaciales entre ellos en términos de aloctonía y autoctonía. La idea de terrenos geológicos resulta una herramienta conceptual útil para reflexionar acerca de las relaciones genéticas, temporales y espaciales en regiones relativamente extensas y con una diversidad litológica y estructural grande. En este contexto de reflexión, interrogantes del tipo: ¿Por qué una unidad litológica constituye la componente dominante en un terreno mientras en el terreno adyacente su presencia es marginal o incluso está ausente? ¿Cómo y cuándo se configuran los límites entre terrenos?

Las respuestas a estos interrogantes implican expandir la reflexión sobre terreno geológico de tal manera que se introducen conceptos adicionales referidos al contexto de formación y al contexto donde emplaza. Los conceptos de terreno autóctono y terreno alóctono permiten dar claridad al respecto.



Según González (1997), “La noción de segmentos o terrenos ha sido utilizada en los últimos años para explicar la evolución del NW de Colombia, como parte de la placa suramericana que estaría compuesta, en esta parte, por un mosaico de terrenos alóctonos acrecionados al bloque autóctono “Cratón Amazónico” durante diversos períodos geológicos”. Desde un punto de vista geológico, la idea central es una: la prolongación de las unidades litológicas pre-cámbricas hacia el noroeste de Suramérica definen el límite de lo que es autóctono; las unidades desde el Paleozoico en adelante son unidades adosadas al borde continental antiguo de Suramérica.

Para Etayo et al, (1983), citado por González (1997), los terrenos que configuran la estructura geológica de las cordilleras Central y Occidental en su parte norte son: Payandé, Cordillera Oriental Campamento, Cajamarca, Puquí, Cauca-Romeral, Buriticá, Sinú, Cañasgordas y Tumaco.

Para Restrepo y Toussaint (1988) citado por González (1997), la estructura de terrenos geológicos para la misma zona presenta un menor número de unidades, puesto que agrupan en un solo terreno grupos de litologías que se encuentran separadas en la propuesta de Etayo et al (1983). Las diferencias entre ambas propuestas no se circunscriben a un problema de detalle o síntesis; diferenciar o reunir las unidades metamórficas paleozoicas de la cara frontal de la cordillera Central puede expresar más el interés de un autor por presentar un escenario más detallado o por otros en indicar las diferencias más importantes en la dinámica geológica.

Para Restrepo & Toussaint (1988), cuatro terrenos definen la geología de las cordilleras Central y Occidental y de los valles interandinos en Antioquia: chibcha, tahamí, calima y cuna.

Los terrenos chibcha y tahamí corresponden a litologías y estructuras geológicas preterciarias que configuran el cuerpo geológico de la cordillera Central; el sistema de falla de Palestina marca el límite entre ambos terrenos.

El terreno tahamí agrupa las unidades representativas de una geología continental y una geología marina adosada y relacionada genética y temporalmente con el sistema de falla Cauca-Romeral.

La propuesta de Etayo et al (1983) emplea varios terrenos para definir las litologías y las estructuras geológicas de la corteza de la cordillera Central, estableciendo una separación entre geologías paleozoicas y geologías cretáceas; en la propuesta de Restrepo & Toussaint (1988) la diversidad de la historia geológica de la cordillera se reúne para asignar un mayor peso a la unidad cordillera Central.

Las unidades litológicas del terreno tahamí definen la estructura cortical de la mayor parte de la cordillera Central mientras las del terreno chibcha definen la corteza del piedemonte oriental de la cordillera.

Al borde oriental de la cordillera Central, desde una perspectiva geológica, lo define el sistema de fallas de Palestina, especialmente la falla de Otú-Pericos en la parte norte y la falla de Palestina en la parte sur. Al oriente de este límite predominan las unidades cartográficas:

- Neis cuarzo-feldespático de San Lucas. Estas rocas del Proterozoico corresponden a la unidad litológica más antigua en esta parte de la cordillera.
- Rocas pertenecientes al batolito de Segovia.
- Rocas pertenecientes al complejo Cajamarca y rocas del Ordoviciano (formación La Cristalina); igualmente vulcanitas y sedimentitas del Cretáceo (vulcanitas de Segovia y sedimentitas al oriente de Segovia).

Al occidente de las fallas mencionadas, dentro del terreno tahamí se presentan:



- El complejo Cajamarca, representado por una gran diversidad de unidades litológicas, principalmente neis cuarzo-feldespáticos, esquistos cuarzo-sericíticos, esquistos actinolítico-cloríticos, esquistos intercalados, anfibolitas y cuarcitas.
- Metasedimentitas de Aquitania.
- Batolito de Sonsón.
- Como unidad de mayor extensión, el batolito antioqueño.

Aunque algunas fallas del sistema de Palestina definen el límite entre los terrenos chibcha y tahamí, no se presenta una discontinuidad litológica tajante, de tal modo que varias unidades cartográficas aparecen en ambos lados del límite. Esta situación se presenta especialmente con las litologías del complejo Cajamarca y las sedimentitas cretáceas (Kiss).

Sin embargo, los neis cuarzo-feldespáticos de San Lucas sólo se presentan en la parte oriental del sistema de fallas y de manera dominante.

La distribución de las unidades litológicas mencionadas en las zonas adyacentes entre dos terrenos con límite fallado plantea el interrogante acerca de la dinámica tectónica dominante en la zona limítrofe. En éste, como en los otros límites, la discusión remite al papel de los movimientos de rumbo o a los movimientos con una componente vertical significativa, ya sea en contextos de esfuerzos tensionales o compresivos.

La similitud de las unidades paleozoicas y mesozoicas en ambos lados del límite permite postular dos opciones:

- El terreno alóctono debe provenir de una zona con mucha similitud geológica para no generar una discontinuidad tajante.
- Otra opción sería considerar que los desplazamientos de rumbo en este límite son secundarios respecto a los movimientos con componente vertical importante. En este caso, la presencia de unidades más antiguas en la parte oriental del límite permiten suponer un levantamiento relativo de la parte oriental respecto de la parte occidental.

Esta segunda opción es coherente con la dinámica tectónica en el sistema de fallas de Palestina durante el Neógeno.

El terreno tahamí representa la geología fundamental del cuerpo de la cordillera; en ella predomina un conjunto muy diverso de rocas metamórficas pertenecientes a diversos eventos metamórficos, paleozoicos y mesozoicos; las rocas de estos eventos están intruidas por cuerpos ígneos de gran tamaño (batolitos), testimonio de eventos de plutonismo ocurridos durante el Mesozoico, representados por el batolito de Sonsón (Jurásico) en la parte sur, el batolito antioqueño (Cretáceo superior) en la parte central y el batolito de Segovia (Jurásico) en el sector nordeste de la cordillera.

De acuerdo con lo anterior, los procesos geológicos básicos con registro en la estructura de la corteza cordillerana son:

- Varios eventos de metamorfismo entre el Paleozoico y el Cretáceo tardío.
- Varios eventos de sedimentación marina entre el Jurásico y el Cretáceo inferior.
- Una actividad plutónica durante el Jurásico y el Cretáceo tardío.



La configuración de los límites fallados laterales de la cordillera Central (sistemas de falla de Romeral y Palestina) ocurre durante el Cretáceo y desde entonces la actividad tectónica en ellos ha persistido hasta el Cuaternario.

La actividad más antigua en el borde occidental se ha explicado como procesos de emplazamiento de geologías marinas sobre márgenes continentales; también se ha postulado una actividad de rumbo, con base en los contrastes litológicos entre terrenos.

La historia de la actividad tectónica en los sistemas de falla de Cauca-Romeral y de Palestina referencia frecuentemente varios regímenes contrastantes:

- Suturas de cabalgamiento.
- Desplazamientos de rumbo importantes.
- Desplazamientos con componente vertical dominante.

De acuerdo con la literatura al respecto, las suturas de cabalgamiento, referenciadas para el sistema de falla de Romeral, remiten a la temporalidad más antigua (Barremiano-Aptiano), según Restrepo & Toussaint (1988) y Restrepo et al (1989).

El régimen más reciente en el cual predomina una tectónica vertical de carácter compresional, se reconoce a partir de estudios de Neotectónica en ambos sistemas, durante la década de los ochenta. La temporalidad del cambio a un régimen de tectónica vertical no está clara; a modo de hipótesis, este cambio en el comportamiento dinámico de las estructuras limítrofes se corresponde con el inicio del proceso de levantamiento, previo un período largo de aplanamiento regional durante el cual la actividad tectónica fue mínima o al menos fue contrarrestada por los procesos superficiales de remoción y transporte, de tal manera que los movimientos tectónicos verticales no inducían levantamiento topográfico efectivo.

De esta fase larga de consolidación cortical no queda registro geomorfológico, de acuerdo con el estado del arte respecto a la estructura y dinámica del relieve de las cordilleras.

7.2.2 Fase de aplanamiento regional ancestral

7.2.2.1 Introducción

En una síntesis en torno al relieve de los cinturones cordilleranos, Ollier & Pain (2000) concluyen que la mayoría de estos corredores corresponden a mesetas levantadas. El relieve montañoso de las cordilleras, según los mismos autores, corresponde a una fase avanzada de incisión fluvial remontante que puede llegar a borrar todo vestigio de la estructura de meseta (plateau) precedente.

El empleo del término compuesto cadena montañosa como sinónimo de cordillera o de cinturón cordillerano es inadecuado. Una cordillera puede presentar un relieve montañoso como unidad secundaria, circunscrita a parte o la totalidad de sus flancos, mientras que su cima puede ser muy amplia sin ninguna manifestación de relieve montañoso. Esta morfología predomina en la mayoría de los cinturones cordilleranos incluidos los Andes y, para nuestro caso, la parte norte de las cordilleras Central y Occidental son ejemplos de ella.

Las áreas extensas con relieves planos, ondulados o colinados en la parte de la cima de los cinturones cordilleranos corresponden en muchos casos a relieves heredados. Estos rasgos albergan en muchos casos testimonios de un contexto geomorfológico que precede la fase de levantamiento tectónico y se puede asociar con fases de aplanamiento.



La fase de aplanamiento regional constituye un período fundamental en el estudio de la evolución de los cinturones cordilleranos porque permite establecer un ordenamiento espacio-temporal de las litologías y estructuras geológicas de las cordilleras en tres grupos:

- Las litologías preaplanamiento afectadas por este evento denudativo.
- Las formaciones sincrónicas con el período erosivo, las cuales corresponden a depósitos correlativos. En el caso de eventos de escala regional, estas formaciones sedimentarias pueden ubicarse en los receptáculos de deposición adyacentes muy alejados de la zona de remoción.
- Las formaciones y procesos geológicos - especialmente movimientos tectónicos y volcanismos - post aplanamiento.

7.2.2.2 Período de aplanamiento ancestral

La existencia de un período de aplanamiento regional en donde se ubica actualmente la cordillera Central en Antioquia, y que se continuaba hacia el norte y hacia el sur de departamento, se fundamenta en tres argumentos, dos de ellos de carácter estratigráfico y el tercero de carácter geomorfológico.

Contexto para la deposición del Terciario Carbonífero de Antioquia.

Grosse (1926), es el primero en señalar la posibilidad de una deposición del Terciario Carbonífero de Antioquia sobre una superficie de aplanamiento, afirmación recuperada del olvido por Norberto Parra (comunicación personal, 2006). “De la circunstancia de que el terciario carbonífero se encuentra superpuesto a casi todos los miembros del terreno fundamental, aún en alturas mayores, como en el A. Delgadito y en el camino viejo de Amagá a Caldas, debe deducirse que la cordillera formada por el plegamiento eoterciario estaba más o menos terraplenada por la erosión antes de principiar la sedimentación terciaria. Sólo algunos cuerpos más duros y resistentes se levantaban por encima del plano de abrasión, a los que, como es natural, debían adosarse primeramente los estratos, para cubrirlos igualmente más tarde”. Grosse (1926), páginas 230-231 (Subrayado del autor).

La afirmación de la existencia de una superficie de aplanamiento regional en el trabajo de Grosse (1926) es algo más que una simple hipótesis explicativa. En su estudio del Terciario Carbonífero de Antioquia, la descripción estratigráfica del piso inferior se inicia con una parte extensa dedicada a describir las relaciones espaciales de los conglomerados basales con las demás litologías pertenecientes a lo que denomina el terreno fundamental (las litologías pre-terciarias) en las diferentes zonas.

La importancia de esta hipótesis es doble, debido a que señala la existencia de un período de aplanamiento regional extenso e indica una edad relativa para dicho evento erosivo, el cual se ubicaría en el intervalo Paleoceno-Eoceno. Es de anotar que este intervalo temporal para este sector de la cordillera corresponde a un período de ausencia de registro geológico en la jurisdicción del departamento.

La geología del terreno San Jorge-Plato

En la planicie costera atlántica, la continuidad norte del sistema de falla de Romeral se emplea por Etayo et al (1986) para definir el límite entre los terrenos San Jorge-Plato y San Jacinto, con un escarpe regional pronunciado del orden de los 4000 m, sepultado por la sedimentación del Neógeno.

El terreno San Jorge-Plato, según la delimitación de Etayo et al (1986) corresponde a la planicie adyacente a la cara frontal de la cordillera Central. Según los autores, la geología del basamento cristalino de este terreno consiste de rocas ígneas y metamórficas recubiertas por sedimentos marinos (hemipelagitas) y depósitos terrígenos marinos, fluviales y lacustres de cobertura. La estratigrafía de este terreno la describen en los siguientes términos: “Secuencia de hemipelagitas, turbiditas en los bajos estructurales y depósitos marinos terrígenos de edad Oligoceno superior a Plioceno inferior de



ambientes batiales superiores a neríticos con espesores hasta de 3000 metros. Secuencias de depósitos terrígenos fluviales y lacustres de edad Plioceno superior a Holoceno con espesores hasta de 3.000 metros”. Etayo et al (1986).

El registro sedimentario marino de cobertura en este terreno alcanza los 3000 m, se inicia en el Oligoceno superior y se continúa hasta el Plioceno inferior (27- 5=22 m.a.). La sedimentación continental (fluvial y lacustre) alcanza otros 3.000 m y se extiende temporalmente entre el Plioceno superior y el Holoceno. Una sedimentación marina de 3.000 m se produce en 22 m.a. mientras una sedimentación continental del mismo espesor se produce en 2.4 m.a. En este sentido, la cobertura en el terreno San Jorge-Plato es del orden de los 6.000 m.

Para los autores citados, este terreno corresponde a “una plataforma emergida hasta el Oligoceno inferior. Hundimiento progresivo a partir del Oligoceno superior hasta el Mioceno superior y emergencia a partir del Plioceno. Tectónica de bloques a partir del Mioceno inferior y medio dando como resultado las depresiones tectónicas de Sucre y de Plato y los arcos de Cicuco y del Difícil.” (Etayo et al, 1986). (Subrayado del autor).

El registro de pozos petroleros aporta información importante acerca de las características del basamento de este terreno y de su posición en profundidad (tabla 7.1).

Tabla 7.1
Litología y profundidad del basamento en el terreno San Jorge-Plato (Etayo et al, 1986).

Basamento granítico de Cicuco del Cretáceo medio-superior.			
Pozo	Litología	Profundidad (pies)	Edad
Cicuco-3	Granito	8030	110±11.5
San Jorge	Cuarzodiorita	7583	
Cintura	Cuarzodiorita	7583	
Cecilia	Granodiorita	4813	
Lobita	Granodiorita	8270	
Tablón-Hobo	Diorita verde	7490	
San Benito	Roca ígnea	12100	
Serie metamórfica de El Cábano del Cretáceo superior-Paleoceno.			
Cábano-1	Shale, filita calcárea, esquisto.	10522-11398	59, 62, 63, 66 y 74 ma.
Algarrobo-1	Esquisto filítico	8327	83±4 ma.*
Mojana	Esquisto clorítico.	4095-5035	
Mompós	Esquisto clorítico.	5850	
San Ángel	Esquisto micáceo	2783	
El Difícil	Esquisto micáceo		
Ayapel-1	Esquisto verde	7780-7902.	
Sahagún	Esquisto verde	10012	
Basamento microsienítico de Los Cayos del Paleoceno.			
Los Cayos-1	Micro-epi-sienita	10177	58, 61 ma.

*Corte de un canto de conglomerado pre-Mioceno inferior según Irving (1971) y Tschanz et al (1974).



La presencia de una plataforma emergida en el sector de la planicie costera atlántica resulta difícil de compaginar con una zona sumergida para el sector norte de la cordillera Central y es de suponer que ella se continuaba hacia el sur.

Los resultados estratigráficos en este terreno plantean la discusión en los siguientes términos:

- Existe evidencia estratigráfica de una plataforma emergida en este terreno hasta el Oligoceno inferior cuando se inicia la depositación marina.
- En las columnas estratigráficas construidas, los autores citados ubican una discontinuidad erosiva en el Paleoceno inferior.
- En la estratigrafía de este terreno, los autores no referencian registro sedimentario alguno para el intervalo Paleoceno-Eoceno. La existencia de un hiato geológico para este intervalo ocurre igualmente en la geología de la cordillera Central, según la cartografía y literatura disponibles hasta el presente.

La estratigrafía del terreno San Jorge-Plato permite fundamentar la existencia de un largo período denudativo en la parte norte de la cordillera Central y en la zona del mencionado terreno, que genera un aplanamiento de carácter regional y que parece coincidir con la ausencia de registro sedimentario para el intervalo Paleoceno-Eoceno.

La estratigrafía del terreno San Jacinto consiste de “secuencias muy espesas de turbiditas y hemipelagitas (carbonatos y silicatos) de edad Cretácico superior a Eoceno medio, de ambientes profundos de fondo oceánico, espesores de 6000 m (evaluados con base en registros sísmicos). Intercalaciones de vulcanitas básicas en la porción inferior (Cretácico superior). Secuencias de hemipelagita y depósitos terrígenos marinos de ambiente menos profundo con espesores hasta de 3000 m, de edad Eoceno medio a Plioceno inferior. Secuencias de depósitos terrígenos fluviales y lacustres de edad Plioceno superior a Pleistoceno con espesores máximos de 3.000 m.” (Etayo et al, 1986).

De acuerdo con las estratigrafías de los terrenos San Jorge-Plato y San Jacinto, se pueden establecer las siguientes comparaciones:

- Durante el Paleoceno-Eoceno medio, el terreno San Jorge-Plato operaba como una plataforma emergida en un régimen denudativo; por su parte, el terreno San Jacinto hacía parte de una cuenca marina profunda. El límite entre ambos ambientes lo definía el sistema de falla de Romeral.
- Entre el Eoceno medio y el Oligoceno superior, la condición de plataforma emergida persiste en el terreno San Jorge-Plato mientras que en el terreno San Jacinto el ambiente de depositación marina varía a condiciones de menor profundidad.
- Durante el Oligoceno superior-Plioceno inferior se presenta una convergencia en ambos terrenos hacia ambientes de depositación marina cada vez menos profundos.
- Entre el Plioceno inferior y el Holoceno se configura en ambos terrenos un ambiente de depositación fluvial y lacustre con un registro de sedimentación del orden de los 3000 m.

Por lo tanto, la existencia de un intervalo temporal largo de un régimen denudativo para la cordillera Central en su parte norte se puede extrapolar igualmente al terreno San Jorge-Plato; este período corresponde a la ausencia de registro sedimentario para el intervalo Paleoceno-Eoceno. Sin embargo, en el terreno San Jacinto el registro sedimentario marino es continuo durante todo el Paleógeno.



El relieve de la cordillera Central en Antioquia

El tercer argumento para fundamentar un aplanamiento de carácter regional es de tipo geomorfológico y tiene que ver con la estructura mórfica del relieve de la cordillera Central, especialmente en los departamentos de Antioquia y Caldas, aunque no se debe descartar su continuidad hacia el sur.

161

Los materiales en que se encuentra modelado el sistema de altiplanos de la cordillera Central en Antioquia podrían brindar una imagen aproximada de la estructura interna de la superficie de aplanamiento ancestral. Se trataría de una superficie muy extensa cuyos límites se desconocen, especialmente su prolongación hacia el oriente. Correspondería a superficies denudativas modeladas en perfiles de meteorización muy espesos, con alteración intensiva avanzada que da origen a perfiles ferralíticos y perfiles lateríticos. Las diferencias litológicas podrían explicar el contraste entre terrenos bajos modelados en rocas ígneas graníticas y cerros y áreas sobresalientes modeladas en rocas metamórficas.

Respecto al relieve de la superficie resulta más temeraria cualquier analogía. El relieve colinado de los altiplanos antioqueños posiblemente constituye un rasgo posterior, incorporado en respuesta al proceso de levantamiento tectónico. Las redes de drenaje sobre la antigua superficie ancestral presentaban patrones meándricos y trenzados al momento de la depositación de la formación Amagá (Sierra et al, 2003). La ausencia de relieves similares en cercanías al nivel del mar impide un análisis comparado para avanzar en el conocimiento de la configuración de dicha superficie. Un escenario promisorio estaría en el estudio de posibles perfiles alterados sepultados por la depositación de la formación Amagá.

A partir de la distribución espacial de paleorrelieves preservados pero con modificaciones importantes y paleorrelieves sepultados por el volcanismo reciente del eje de la cordillera Central, es posible reconstruir en parte las características de la superficie de aplanamiento ancestral, dislocada por un tectonismo de tipo vertical durante gran parte del Terciario.

En el departamento de Caldas, la cordillera presenta un patrón trapezoidal con una cima de relieve colinado en la cuenca alta del río Arma (jurisdicción de los municipios de Aguadas, Pácora y Salamina), localizada por encima de los 2800 a los 3000 msnm. Al sur de la población de San Félix, este altiplano superior se encuentra sepultado por los materiales vulcanoclásticos y volcánicos de la actividad volcánica vigente en el eje de la cordillera. En ambos flancos de la misma se ha reportado la presencia de superficies de erosión levantadas y muy disectadas, recubiertas por materiales vulcanoclásticos muy espesos (Flórez, 1986; 2003). Esta configuración hace de la cordillera Central en el departamento de Caldas un cinturón cordillerano muy simétrico, con sección triangular al sur de Neira y con estructura trapezoidal en el norte de Caldas. La diferencia entre ambas configuraciones es el resultado de la construcción de un edificio volcánico reciente encima de una superficie de erosión antigua.

En el departamento de Antioquia, la cordillera Central presenta una estructura de segmento basculado al oriente, con un contraste morfométrico entre sus dos flancos.

El flanco oriental de la cordillera está conformado por un sistema escalonado de tres niveles de altiplanos. El altiplano superior, más antiguo, está constituido por una cadena de terrenos remanentes aislados, con una parte superior aplanada y localizados por encima de los 2700 msnm, que en la mayoría de los casos alcanzan los 3200 msnm; estos remanentes marcan el borde occidental del flanco oriental de la cordillera y coinciden igualmente con la corona del flanco occidental de la cordillera.

Los altiplanos intermedio e inferior se localizan sistemáticamente hacia el oriente. El altiplano inferior, de mayor extensión, se prolonga al oriente hasta el límite con la zona del piedemonte Neógeno construido por la formación Mesa. En la zona del sistema de falla de Palestina, el altiplano inferior se encuentra dislocado tectónicamente y da origen a un sistema de bloques tectónicos localizados a diferentes alturas pero que conservan una superficie colinada de colinas equialitudinales.

Todas las unidades litológicas preterciarias presentes en la cordillera Central muestran evidencias de haber estado afectadas por el evento de aplanamiento regional, manifiesto en el desarrollo de perfiles



de meteorización muy espesos y en la mayoría de los casos con una evolución avanzada que permitió el desarrollo de perfiles ferralíticos y lateríticos.

Resulta poco viable suponer que cada altiplano constituye el desarrollo final e independiente de terrenos que previamente tenían una disección profunda. Por lo tanto, la estructura de altiplanos escalonados e inclinados al oriente es el resultado del proceso de levantamiento de la superficie de aplanamiento ancestral que antecede a la depositación de la formación Amagá; el relieve escalonado del flanco oriental de la cordillera central constituye la expresión del mecanismo de levantamiento de esta parte de la cordillera.

Los desniveles altitudinales entre los altiplanos corresponderían así a tres fases de levantamiento tectónico bien diferenciadas, cuyas magnitudes son de 400, 600 y 2200 m, según un ordenamiento de más antiguo a más reciente.

El aplanamiento del relieve de la cordillera genera una estructura escalonada que se repite a diferentes escalas espaciales. A la escala de cordillera se diferencia un sistema escalonado de altiplanos; dentro de los altiplanos se ha identificado un sistema escalonado de bloques colinados (Arias et al, 2002; 2007). La diferencia entre altiplanos y bloques colinados al interior de aquellos puede, a manera de hipótesis, expresar un sistema jerárquico de fases para el proceso de levantamiento de la cordillera en este sector.

De este modo, el flanco occidental de la cordillera Central, de menor amplitud, con un desnivel similar al flanco oriental y con un relieve de disección profunda, es el resultado de un avance remontante modesto hacia el oriente del escarpe de falla del sistema Romeral.

Esta fase de aplanamiento ancestral constituye el período de actividad geomorfológica con registro en la configuración del relieve actual; sin embargo, dichas evidencias corresponden a paleorrelieves sepultados, cuya posibilidad de estudio más real se encuentra en los contactos aflorantes de la formación Amagá con las rocas sobre las cuales se depositó.

El sistema escalonado de altiplanos de la cordillera preserva la estructura mórfica general únicamente pero los materiales de alteración pueden diferir respecto de aquéllos de la superficie ancestral.

De este modo, la primera existencia de registro geomorfológico en el relieve de Antioquia se corresponde con un período relativamente largo de ausencia de su registro geológico.

El aplanamiento regional ancestral puede visualizarse de dos modos diferentes, con implicaciones en el proceso de evolución del relieve:

- En un sentido más tradicional correspondería al desgaste erosivo de tierras previamente emergidas en lo que hoy constituye el corredor de la cordillera.
- La otra opción sería la existencia de aplanamientos asociados con procesos de levantamiento tectónico que no generan levantamiento efectivo del terreno y las tierras permanecen en posiciones muy cercanas al nivel del mar; esta situación es factible siempre y cuando las tasas de levantamiento tectónico y las tasas de erosión y desgaste areal del terreno se inscriban en rangos de valores muy similares durante temporalidades largas.

La presencia de superficies de erosión extensas (relieves denudativos) con relieves ondulados o colinados modelados en perfiles de meteorización muy espesos localizados cerca del nivel del mar se explica en la mayoría de los casos con la segunda opción.

Los registros geológicos y geomorfológico no permiten precisar si el aplanamiento ancestral en la cordillera Central es el resultado del desgaste avanzado de relieves precedentes que sobresalían significativamente por encima del nivel del mar o si corresponde al aplanamiento de terrenos que emergen por primera vez.



De acuerdo con el mapa geológico de Antioquia (Ingeominas, 1997) no existe registro geológico de formaciones sedimentarias continentales con anterioridad a la formación Amagá. (Oligoceno medio-Mioceno inferior).

Sin embargo, en esta discusión es pertinente dudar del imaginario arraigado que presupone a toda superficie plana, ondulada o con un relieve relativo modesto como el producto final convergente de terrenos precedentes localizados a mayor altura y con relieve relativo más marcado.

El registro o testimonio geológico de la fase de aplanamiento (depósitos correlativos) se encuentra en la naturaleza de una sedimentación marina profunda en zonas muy alejadas de la zona de interés, por ejemplo en el terreno San Jacinto, al occidente del sistema de falla de Romeral, para el que existe un registro estratigráfico continuo para todo el paleógeno.

7.2.3 Fase de levantamiento tectónico efectivo

El inicio del proceso de levantamiento tectónico efectivo, generador de desniveles altitudinales en la superficie de erosión ancestral, antecede o es simultáneo con la depositación de la formación Amagá.

La depositación de la formación Amagá presupone la diferenciación del aplanamiento ancestral en dos corredores, uno levantado al oriente y otro hundido al occidente. Esta diferenciación comienza a configurar el cinturón de la cordillera Central y una zona de piedemonte antigua en la cual se depositará la formación Amagá. El límite entre los ámbitos de denudación-transporte y de depositación correspondería con las trazas más orientales del sistema de falla de Romeral.

Este límite comienza a marcar la divisoria regional de aguas de los ríos Cauca y Magdalena, la cual se localizará a partir de este momento en la corona del escarpe generado por los movimientos verticales en las fallas más orientales de este sistema. Desde el momento en que se configuran un bloque levantado y otro hundido por la actividad tectónica vertical en las fallas de Romeral, el bloque levantado se verá afectado por un levantamiento diferencial, basculante.

El mecanismo de levantamiento de la cordillera Central se hace efectivo a través de fallas regionales localizadas en los bordes laterales del cinturón: Los levantamientos tectónicos más pronunciados ocurren en el sistema de falla de Romeral, localizado en el flanco occidental de la cordillera, mientras que en el sistema de falla de Palestina los levantamientos son de menor magnitud.

La falla de Murrucú (Etayo et al, 1983) o la falla del Espíritu Santo (Ingeominas, 2006) marcan un desnivel entre la plataforma sumergida y la plataforma levantada.

El comportamiento de una tectónica vertical en los sistemas de falla de Romeral y Palestina persiste desde antes de la depositación de la formación Amagá y se consolida durante el Neógeno para configurar una estructura regional basculada al oriente.

La historia de la actividad tectónica en los bordes laterales es muy compleja, especialmente en el sistema de falla de Cauca-Romeral. La literatura al respecto reporta estilos de comportamiento muy diferentes para diversos períodos:

- Una tectónica de emplazamiento de unidades vulcanosedimentarias marinas y de secuencias ofiolíticas sobre márgenes continentales durante el Cretáceo.
- Fallamientos de rumbo.
- Tectónica de movimientos verticales.



Las dos primeras se han postulado para dar cuenta de la manera como opera la tectónica preterciaria en tanto que la última resulta más pertinente para ofrecer explicaciones acerca del levantamiento de la cordillera desde el Paleógeno.

De acuerdo con la información de Etayo et al (1986) y la información altitudinal de los altiplanos de la cordillera Central, los movimientos tectónicos que afectaron la superficie de aplanamiento ancestral generaron un desnivel del orden de los 9200 m entre el basamento cristalino sepultado del terreno San Jorge-Plato y las mayores altitudes que se presentan en el altiplano superior en Antioquia.

Este desnivel altitudinal se genera en la falla de Murrucucú, de dirección N30°E, la cual se encuentra limitada por el sistema de falla de Romeral y la falla de de Bucaramanga en el modelo planteado por Etayo et al (1986). En el mapa geológico de Colombia (Ingeominas, 2006) la estructura tectónica postulada corresponde a la prolongación NE de la falla del Espíritu Santo.

El desnivel altitudinal de la superficie de aplanamiento ancestral en la zona de Antioquia es superior a los 2.750 m, si se tiene presente que los sitios de menor altitud en los que aflora la formación Amagá se encuentran hacia los 450 msnm en el sector de Santa Fe de Antioquia, mientras que el altiplano más antiguo se localiza entre 3.150 y 32.000 msnm (esto sin contar el espesor de la formación por debajo de superficie).

El sistema escalonado de altiplanos localizado inmediatamente al oriente del escarpe regional del sistema de falla de Romeral constituye un testimonio del mecanismo de levantamiento basculante de esta parte de la cordillera; la estructura escalonada del relieve permite postular, además, la existencia de al menos tres fases mayores de levantamiento efectivo, como se describió anteriormente.

Es probable que la estratigrafía detallada del Terciario sedimentario de la parte oriental de la cordillera Central pueda relacionarse con la estructura escalonada porque esta última constituye la fuente de los materiales que la configuran.

Igualmente, las formaciones sedimentarias aluviales con inversión de relieve identificadas dentro de los altiplanos constituyen testimonios de algunos intervalos durante la fase de levantamiento de la cordillera. La existencia de depósitos aluviales antiguos dentro del altiplano intermedio, con espesores del orden de 50 a 70 m, constituye un referente importante para la ubicación temporal de algunas de las fases de levantamiento efectivo, posteriores a la depositación de la formación Amagá. (Salazar, 2007; Sánchez, 2007).

La actividad tectónica que afecta la superficie de aplanamiento ancestral genera dos contextos mayores; una superficie sepultada en la parte norte, recubierta por una columna del orden de 6.000 m, de los cuales 3.000 corresponden a sedimentos marinos y los otros 3000 a materiales continentales. La parte de la superficie afectada por levantamientos tectónicos deviene en un sistema escalonado de altiplanos que ocupan la cordillera Central y se encuentran enmarcados lateralmente por el sistema de falla de Romeral al occidente y el sistema de falla de Palestina al oriente.

La fase de levantamiento tectónico efectivo sitúa una antigua superficie de erosión localizada cerca del nivel del mar, para ubicar sus partes más altas a los 3.200 msnm.

Este proceso tectónico ha coexistido con una preservación de la estructura general del aplanamiento; sin embargo, también ha producido un conjunto de nuevas generaciones de relieve. Las más importantes desde el punto de vista geomorfológico son la configuración de una estructura escalonada de altiplanos y la generación de un sistema de una red de cañones lineales que consiguen segmentar la continuidad previa de los altiplanos.

Durante el proceso de levantamiento se imprime un relieve colinado en la superficie de erosión y se presentan varias generaciones de formaciones aluviales, la más antigua de ellas con un espesor de 50 a 70 m.



Los cañones lineales presentan autodiferenciación mórfica marcada para dar origen a cañones de diversos tipos: con forma “en V”, con un sistema de colinas escalonadas en su parte media inferior, con un fondo colinado de colinas equialtitudinales, con un fondo de colinas bajas equialtitudinales y zonas amplias de acumulación y con un fondo plano de acumulación. Estas configuraciones diferentes pueden presentarse como tramos a lo largo de cañones individuales como ocurre especialmente en el cañón lineal Medellín-Porce.

El estado de preservación del sistema de altiplanos presenta dos situaciones sistemáticas. Las mayores modificaciones se presentan en el altiplano superior; éste se preserva como segmentos separados que forman un corredor estrecho en la parte más occidental del flanco oriental de la cordillera. El altiplano intermedio está segmentado por el cañón lineal del río Medellín en dos compartimientos: el altiplano de Santa Rosa de Osos y el de Rionegro. El altiplano inferior presenta la mayor continuidad pero se encuentra segmentado por los cañones de los ríos Porce y Nus. El sistema de falla de Palestina disloca el altiplano inferior para configurar un sistema de bloques con desplazamientos diferenciales en la parte más oriental del flanco de la cordillera.

Rasgos persistentes durante el proceso de levantamiento son:

- La estructura aplanada general del relieve. El aplanamiento ancestral signado por diferencias de relieve que responden a la resistencia diferencial al desgaste entre las rocas metamórficas y las rocas graníticas e intermedias del batolito antioqueño persiste en el sistema escalonado de altiplanos.
- En este sentido, el sistema de planos escalonados de la cordillera Central se desarrolla a partir de un aplanamiento ancestral.
- La persistencia de perfiles de meteorización muy espesos y evolucionados en los altiplanos intermedio e inferior.

El sistema escalonado de altiplanos, si se admite como una situación de diferenciación de planos a partir de un plano ancestral, se puede compaginar con el imaginario dominante en torno al proceso de levantamiento tectónico general de los cinturones cordilleranos que plantea la existencia de fases cortas de levantamiento efectivo separadas por fases largas de tranquilidad tectónica. Los escarpes erosivos regionales que separan los altiplanos se pueden asociar con las fases cortas mientras la configuración de altiplano correspondería a las fases largas. La estructura mórfica en la cordillera Central permite identificar una primera fase, con un levantamiento efectivo del orden de los 4000 m, una segunda fase de 600 m y una fase final de 2200 m, en la cual se configura el sistema de cañones lineales profundos de la cordillera.

7.2.4 Fase del Cuaternario

La posición altitudinal y la configuración de segmento cordillerano basculado de la cordillera son situaciones que se consolidan a finales del Neógeno. Igualmente, son resultados consolidados durante el Neógeno tanto la estructura escalonada de altiplanos como la red de cañones lineales.

Los comportamientos en el sistema de alteración, remoción, transporte y deposición continúan operando según las trayectorias heredadas del Plioceno en la mayor parte de la cordillera, especialmente por debajo de los 2400 a los 2500 msnm. Los estudios de perfiles de meteorización en los altiplanos intermedio e inferior no muestran ningún cambio sustancial con el régimen heredado precedente; la meteorización intensiva y profunda en los altiplanos presenta un desarrollo continuado del comportamiento heredado del terciario y signada en los horizontes más externos, por una autodiferenciación de horizontes ferralíticos ricos en caolinita en la parte inferior y una zona delgada (de 1 a 2 m) de perfiles lateríticos ricos en óxidos de Fe y Al que no presentan endurecimientos irreversibles a escala regional.



Como parte de un desarrollo continuado, se modelan concavidades de primer orden en el relieve colinado de los altiplanos, las cuales comparten temporalidades pliocenas y cuaternarias.

Las evidencias de comportamientos morfogenéticos nuevos, durante el Cuaternario, son principalmente de carácter denudativo, presentes en los terrenos por encima de los 2.500 msnm y posiblemente asociables con las fases frías de este período. Entre los rasgos más importantes se tienen los siguientes:

- Un truncamiento de carácter regional para los perfiles de meteorización en las tierras localizadas por encima de los 2.400 a los 2.500 msnm, truncamiento que se torna más profundo a medida que aumenta la altitud.
- En consecuencia, de los terrenos remanentes del altiplano superior localizados por encima de los 3000 msnm se ha removido completamente el perfil de alteración y se encuentran modelados en roca parcialmente meteorizada.
- Dentro del altiplano superior, en el sector del páramo de Belmira, se tienen valles abiertos y amplios sin fondo plano, modelados en roca y recubiertos por un manto de fragmentos angulares. Este tipo de valles reaparece en el sector del páramo de Sonsón, una vez más, por encima de los 2.900 a 3.000 msnm.
- Otras geoformas locales, tales como circos glaciares muy degradados y terrenos de rocas aborregadas, ocurren en el páramo de Belmira.
- La presencia de una sedimentación fluvial y fluvioglacial abundante en el borde interno del altiplano de Santa Rosa de Osos constituye un testimonio de un régimen de denudación vigoroso en el altiplano páramo de Belmira, posiblemente responsable del desmantelamiento total del perfil de meteorización.

La poca preservación de geoformas de origen glacial en la cordillera Central contrasta con la presencia de valles en “U” en el páramo de Frontino (figura 6.1). La parte superior del Paramillo presenta unas pocas geoformas de origen glaciar a pesar de la gran altura que alcanza la cordillera Occidental en este sector. La vigencia de una remoción y transporte intenso en el TMT durante el Cuaternario consigue destruir una parte importante de los modelados glaciales en este sector.

Los perfiles de suelo desarrollados en materiales del Pleistoceno superior presentan estructuras laminadas en materiales de textura arenosa y francoarenosa en las cuales predominan arenas cuarzosas. Igualmente se presentan horizontes de mezclamiento mecánico natural de las arenas con materiales de capas de cenizas volcánicas suprayacentes. Estas estructuras pedogenéticas y otras más resultan de cambios drásticos y secuenciales en el estado de humedad de los suelos y se relacionan con climas de régimen contrastado durante la parte final del Pleistoceno y comienzos del Holoceno (Salazar, 2006).

7.3 Génesis y evolución de la parte norte de la cordillera Occidental

Geología

La geología de la cordillera Occidental se distribuye en dos franjas paralelas, con litologías diferentes y separadas por límites fallados, las cuales corresponden, en el contexto geomorfológico, con los segmentos cordilleranos superior e inferior descritos en el numeral precedente.

La geología (litologías y estructuras) que configura el cuerpo de la cordillera Occidental (segmento cordillerano superior) es más joven comparada con la de la cordillera Central. Este cuerpo corresponde a un conjunto de rocas volcánicas y sedimentarias reunidas en el grupo Cañasgordas de edad cretácea; las rocas volcánicas se agrupan en el volcánico del Barroso y las rocas sedimentarias marinas en la formación Penderisco, constituida por dos miembros: el Urrao, compuesto por areniscas y arcillolitas de ambientes turbidíticos, y el Nutibara, compuesto por “sedimentitas biogénicas o químicas finas formadas por liditas y calizas micríticas negras” (González, 2001).



Estas rocas cretáceas fueron intruidas por un conjunto de cuerpos plutónicos de composición monzodiorítica denominados colectivamente Stocks monzodioríticos con base en sus similitudes “textural, composicional y por posición tectónica” (González, 2001). Según este autor, estos cuerpos plutónicos pertenecen al “ciclo de actividad magmática que se extendió desde el Oligoceno medio al Plioceno temprano, a lo largo de toda la cordillera Occidental (Álvarez & González, 1978; Álvarez, 1983), seguido de un extenso volcanismo y tectonismo” (González, 2001: 147).

La geología del segmento cordillerano superior no contiene registro geológico respecto a terrenos emergidos por encima del nivel del mar, dada la ausencia de formaciones sedimentarias continentales preterciarias y paleógenas en esta parte norte.

La geología precuaternaria de la franja inferior está constituida por las rocas volcánicas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis, el batolito de Mandé y dos formaciones sedimentarias, la formación Salquí, de edad paleógena, y la formación Guineales, en la cual se incorporan materiales con un rango muy amplio de edades, desde el Paleógeno hasta el Neógeno.

Los nombres de Santa Cecilia y La Equis describen las rocas volcánicas localizadas al oriente y al occidente del batolito de Mandé, respectivamente.

La unidad Santa Cecilia corresponde a una franja estrecha y alargada de dirección N-S en la parte sur del departamento y de dirección N-NO en su parte norte, que constituyen el cuerpo geológico de la mitad sur de la serranía de Abibe. “Litológicamente es una unidad heterogénea constituida por flujos lávicos básicos, brechas, aglomerados, tobas con niveles locales de lavas almohadilladas e intercalaciones de limonitas, lodolitas calcáreas, chert y calizas” (González, 2001: 147).

La unidad La Equis está conformada por “una secuencia de flujos basálticos aglomerados, brechas y tobas que indican un proceso de volcanismo complejo, con algunos cuerpos de lavas ácidas, a veces con estructura brechoide” (González, 2001).

El batolito de Mandé presenta como litología dominante “tonalitas y granodioritas, con variación textural a cuarzodioritas porfídicas y pórfidos cuarzodioríticos que corresponden a las facies mineralizadas. A su vez es intruido por pórfidos andesíticos y dacíticos, pobres en sulfuros e intruye rocas básicas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis” (González, 2001). De este batolito se “han obtenido edades isotópicas... tanto en la facies granitoide normal como en las rocas porfídicas que contienen las mineralizaciones diseminadas de Cu-Mo y sus zonas de alteración hidrotermal. La edad más reciente es de 34 m.a K/Ar biotita (Botero, 1975), mientras que para muestras de Pantanos-Pegadocito y Murindó se tienen edades de 42 ± 0.9 m.a K/Ar y 54.7 ± 1.3 m.a K/Ar respectivamente. Además existe una edad de 47.1 ± 2.5 m.a obtenida en hornblenda (Gobel & Stibane, 1979) en una muestra de tonalita del oriente de Quibdó. Teniendo en cuenta el nivel de emplazamiento y las características del batolito, las edades obtenidas pueden asumirse como de cristalización lo cual indicaría que ésta comenzó en el Paleoceno y se extendió posiblemente hasta el Eoceno y por lo tanto las rocas volcánicas encajantes, al menos serían de finales del Cretácico al Paleoceno temprano, descartando cualquier edad más joven que haya sido asignada a esta unidad” (González, 2001).

Respecto al origen y edad de las rocas antes descritas, González (2001) afirma: “Las rocas volcánicas del complejo Santa Cecilia-La Equis, conjuntamente con el batolito de Mandé, hacen parte de un arco volcánico insinuado en los trabajos de geología regional del noroccidente colombiano, denominado Arco de Sautatá (Haffer, 1967; Case et al, 1971), Arco de Dabeiba (Duque-Caro, 1989) o de Mandé ubicado en el terreno Cuna (Restrepo & Toussaint, 1989). La edad de las rocas, diferente a la edad de la acreción, en la unidad Santa Cecilia, está definida por los fósiles hallados en los niveles de caliza intercalados con las vulcanitas que indican edades por encima del Coniaciano, posiblemente Campaniano (Calle & Salinas, 1986). La unidad La Equis está suprayacida por la formación Uva del Oligoceno (Haffer, 1967) y es intruida por el batolito de Mandé del Eoceno (Maya, 1992); fuera de lo anterior no es posible determinar con mayor precisión su edad. Sin embargo, ella está enmarcada por la presencia de margas con restos de nummulites que indican el Paleógeno temprano” (González, 2001).



Proceso de levantamiento

El proceso de levantamiento de la cordillera Occidental involucra la consideración de dos segmentos cordilleranos con estructuras geológicas diferentes, correspondientes con los terrenos calima y cuna de Restrepo & Toussaint (1988). Para cada terreno alóctono deben tenerse presentes tres momentos o mejor tres períodos temporales distintos, que en orden cronológico serían:

- De configuración cortical y deriva.
- De adosamiento o choque (acreción).
- De levantamiento.

El segmento cordillerano superior coincide en su límite occidental con el terreno calima; la continuidad norte y sur del terreno se corresponde con otras unidades morfoestructurales, como la del triángulo montañoso tropical (TMT) al norte de la falla de Uramita.

El terreno calima está constituido por un conjunto de rocas de corteza oceánica y arcos de isla de edad cretácea.

La parte más oriental del terreno corresponde a la formación Quebradagrande, constituida por rocas volcánicas y rocas sedimentarias del lapso Barremiano-Albiano. El emplazamiento de las rocas de ambiente oceánico sobre la geología continental del terreno tahamí ocurre por una sutura de tipo cabalgamiento, asociada con las trazas más orientales del sistema de falla de Romeral.

Hacia la zona de la cordillera Occidental, el terreno calima está constituido por las rocas volcánicas y sedimentarias del grupo Cañasgordas.

Para el estudio del período de levantamiento es necesario tener presente que el relieve de este segmento cordillerano superior presenta un control geológico marcado: las zonas sobresalientes (cerros) corresponden a las zonas donde están presentes los stocks monzodioríticos, de los cuales se ha datado el cuerpo localizado en el páramo de Frontino; se obtuvo una edad de 11 m.a. (K/Ar) en biotita. Varios de estos cuerpos se han emplazado en un nivel superior de la corteza (González, 1997).

Las edades de estos stocks constituyen un referente de edad máxima para la configuración de un aplanamiento, con diferenciación litológica marcada en el segmento cordillerano superior. Estos stocks, sin embargo, no brindan un referente para la ubicación temporal de terrenos emergidos al occidente de la formación Amagá, especialmente al occidente de las fallas del sistema Cauca.

Estos stocks monzodioríticos y el batolito de Farallones referencian indudablemente un límite máximo de edad para la existencia de tierras emergidas al occidente del sistema de falla del Cauca.

En este sentido, el levantamiento inicial de la cordillera Occidental es posterior a las fases iniciales de levantamiento en la cordillera Central.

Es importante resaltar una cercanía temporal entre la edad de los stocks monzodioríticos de la cordillera y la temporalidad de la acreción del bloque del Choco, ubicada por Duque-Caro (1990) entre los 12.9 y 11.8 m.a.

Sólo con el inicio de levantamiento al occidente del sistema de falla del Cauca se comienza a configurar lo que constituye el actual cañón del río Cauca en Antioquia.

El nombre informal de formación Guineales, hace referencia a “una sedimentación en un ambiente litoral, de alta energía, con desarrollo de islas arrecifales y aporte volcánico durante gran parte de la



sedimentación” (González, 2001). Estos sedimentos se localizan hacia la base del escarpe regional que marca la separación entre los segmentos cordilleranos superior e inferior, en el borde interno del segmento cordillerano inferior.

De alguna manera se puede postular que estos sedimentos constituyen la depositación en un ambiente de piedemonte, adyacente al mar, al levantamiento del segmento cordillerano superior. El rango amplio de edades que registran estos sedimentos es el resultado de mezclamiento tectónico; los más recientes de ellos (Postmioceno medio) probablemente expresan el ambiente de piedemonte ubicado en el nivel del mar.

El segmento cordillerano inferior está constituido por rocas pertenecientes al terreno cuna, “y en especial del arco magmático de Mandé y de la cuenca del Atrato-San Juan. En gran parte este terreno corresponde a un bloque de material oceánico sobre el cual se construyó, en su borde este, el arco magmático de Mandé, compuesto por rocas máficas del complejo Santa Cecilia-La Equis” (González: 2001). Las dataciones para las rocas del batolito de Mandé indican edades del Eoceno. Según Duque-Caro (1985), la sutura de las rocas del terreno cuna en el borde occidental del terreno calima ocurre en el Mioceno medio.

El segmento cordillerano inferior Murri-Mandé corresponde a una superficie de erosión disectada en la cual se imprime un relieve colinado con algunas cuchillas bajas sobresalientes respecto al nivel medio de la superficie. El relieve del segmento está modelado en las rocas graníticas del batolito de Mandé, de las cuales se han obtenido edades entre 54.7 ± 1.3 m.a. y 34 m.a y por rocas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis; éstas últimas están suprayacidas por la formación Uva del Oligoceno (Haffer, 1967).

En el borde interno de este segmento, y si se continúa hacia al norte hasta la cuenca del río Sucio, en el sector de Dabeiba, se encuentran geoformas de acumulación bien preservadas, relacionadas con la formación Guineales y con otros depósitos más recientes.

Un sistema complejo de abanicos aluviales antiguos muy disectados, en los cuales se imprime un relieve colinado, y abanicos aluviales recientes, con superficies de acumulación planas bien preservadas, ocupan una parte amplia del borde interno de este segmento. De este modo, el SCI presenta la morfología característica de un piedemonte antiguo, levantado ubicado actualmente hacia los 700 a los 900 msnm.

Los levantamientos tectónicos recientes en el piedemonte de la cordillera Occidental son del orden de los 400 m, manifestos en dos testimonios:

- La posición altitudinal de los abanicos aluviales más antiguos en la zona de piedemonte actual del río Murri al río Atrato (figura 6.4).
- La magnitud del encajamiento del río Murri en su tránsito transversal respecto al segmento cordillerano inferior. Si bien la superficie colinada de este segmento se localiza hacia los 650 a 750 msnm, las zonas adyacentes al curso del río se encuentran hacia los 230 a 250 msnm y el río transcurre por un valle estrecho de flancos muy inclinados (figura 7.1).

Ambas fuentes de información guardan correspondencia respecto a la magnitud de los levantamientos más recientes (¿cuaternarios?) en la zona del piedemonte.

El levantamiento tectónico del segmento cordillerano inferior y del actual piedemonte es un comportamiento que continúa vigente, como se pone en evidencia con los desplazamientos verticales que afectan al sistema de abanicos recientes en la zona de piedemonte (figuras 6.2 y 6.3).



7.4 Génesis y evolución del cañón del río Cauca

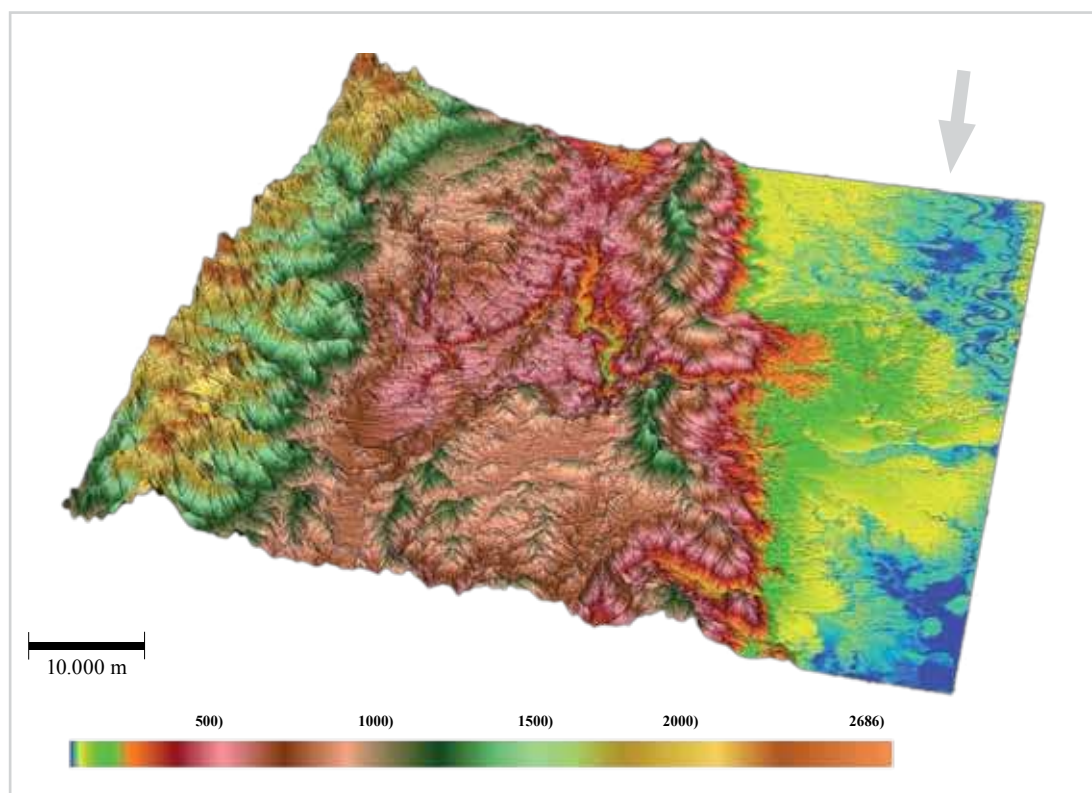
La evolución del cañón del río Cauca en Antioquia constituye una situación particular respecto a la evolución de toda la depresión del Cauca que separa las cordillera Central y Occidental en el territorio colombiano. Algunas pautas de esta evolución se pueden identificar en la parte norte del Ecuador.

Las estructuras mórficas y el registro geológico en el cañón del río Cauca permiten postular la existencia de seis estados mórficos diferentes:

- Estado 1. Aplanamiento ancestral.
- Estado 2. Zona de piedemonte abierto hacia el occidente.
- Estado 3. Configuración de un valle, es decir, una estructura mórfica con confinamientos laterales.
- Estado 4. Cierre y levantamiento.
- Estado 5. El volcanismo Combia y sus implicaciones geomorfológicas.
- Estado 6. Los efectos del volcanismo del eje de la cordillera Central en el valle del Cauca.

Figura 7.1.

Indicadores geomorfológicos de levantamiento tectónico cuaternario en el segmento cordillerano inferior y en el piedemonte de la cordillera Occidental. El recorrido transversal del río Murri por el corredor Murri-Mandé se produce por un cañón estrecho y profundo (400-500 metros) de flancos muy inclinados; afuera del cañón se tiene un relieve colinado de disección densa pero de profundidad modesta. En la zona de piedemonte, los abanicos aluviales más antiguos se localizan hacia los 350-400 msnm. Ambos aspectos morfológicos expresan un proceso de levantamiento tectónico activo en este sector de la cordillera Occidental





7.4.1 Estado 1. Aplanamiento ancestral

Todas las litologías aflorantes en la cordillera Central al oriente de la corona del escarpe regional disectado, relacionado con el sistema de falla de Romeral, muestran evidencias de aplanamiento. Este fenómeno afecta por igual unidades litológicas asignadas a los terrenos chibcha y tahamí; la morfología de la zona en donde se deposita la formación Amagá, con apoyo en las descripciones de Grosse (1926), permiten afirmar que las rocas del terreno calima también están afectadas por aplanamiento.

Para Grosse (1926), los sedimentos del Terciario Carbonífero de Antioquia (o formación Amagá) se depositan sobre una superficie aplanada modelada en un grupo diverso de litologías.

El terreno San Jorge-Plato, según la delimitación de Etayo et al (1986) corresponde a la planicie adyacente a la cara frontal de la cordillera Central. Para estos autores, la geología del basamento cristalino consiste de rocas ígneas y metamórficas recubiertas por sedimentos marinos (hemipelagitas) y depósitos terrígenos marinos, fluviales y lacustres de cobertura. Esta estratigrafía les permite afirmar la existencia de una plataforma emergida, que persiste hasta el Oligoceno inferior, sujeta a subsidencia progresiva entre el Oligoceno superior y el Mioceno superior y emergencia a partir del Plioceno.

Estos datos permiten ubicar un proceso de aplanamiento regional en una región muy amplia en la que se incluye el área de gran parte de la cordillera Central y del cañón y valle del río Cauca.

En su sentido norte-sur, los rasgos de aplanamiento pueden identificarse en la parte superior de la cordillera Central en los departamentos de Tolima y Cauca, en donde se presentan altiplanos muy disectados, conservados como remanentes alargados que modelan la divisoria regional de aguas de la cordillera. Hacia el norte, el terreno San Jorge-Plato se extiende a los departamentos de Bolívar y Magdalena.

Persiste la incertidumbre respecto a la continuidad E-O del aplanamiento, tanto hacia el oriente del valle del Magdalena como hacia el occidente de la depresión del río Cauca.

Durante la temporalidad del aplanamiento regional, los sistemas de falla preexistentes no constituían límites espaciales para el proceso de aplanamiento regional si se tiene presente que las fallas de los sistemas de Cauca-Romeral y de Palestina quedan dentro de la territorialidad del aplanamiento.

La temporalidad del aplanamiento antecede la depositación de la formación Amagá y según Etayo et al (1986) para el Oligoceno inferior ya existía una plataforma emergida en el sector de la planicie costera atlántica, al oriente de la falla de Romeral.

El Eoceno y Paleoceno son épocas sin registro en la geología del departamento de Antioquia; el registro sedimentario de estos intervalos temporales se da como depositación marina profunda en regiones más distantes, como el terreno San Jacinto.

Los datos disponibles permiten ubicar el intervalo temporal del aplanamiento antes del Oligoceno.

7.4.2 Estado 2. Zona de piedemonte

Antes del Oligoceno medio, la actividad tectónica en el sistema de fallas de Cauca- Romeral se reactiva y disloca la superficie de aplanamiento ancestral, lo que genera una zona elevada al oriente, sometida a disección, remoción y transporte, y otra zona localizada hacia el occidente, que actuará como receptor de la sedimentación de la formación Amagá.

Durante la depositación de la formación Amagá, la región del actual cañón del Cauca se comporta como un piedemonte en subsidencia. A este momento no existen terrenos levantados al occidente de la zona de acumulación de la formación Amagá.



Una superficie de aplanamiento levantada tectónicamente, localizada en la parte oriental, constituye el escenario temprano de la génesis de la cordillera Central.

En síntesis, una actividad tectónica de tipo vertical antes del Oligoceno medio da origen a la dupla terreno levantado-piedemonte; la región del cañón del Cauca corresponde en este intervalo temporal a una zona de piedemonte abierta hacia el occidente.

7.4.3 Estado 3. Configuración de un valle

Un valle, a diferencia de un piedemonte abierto, es una estructura lineal confinada lateralmente.

La acreción del Bloque del Chocó, en el borde occidental del noroeste de Suramérica y en el Mioceno medio, da origen a las fases iniciales de levantamiento de la cordillera Occidental en el sector de Antioquia. A partir de este período se consolidan los confinamientos laterales que dan origen al valle del río Cauca en Antioquia.

La configuración de valle longitudinal se produce con el levantamiento inicial del segmento cordillerano superior de la cordillera Occidental, cuya estructura cortical está conformada por las rocas del grupo Cañasgordas.

La estructura geológica y geomorfológica de la cordillera Occidental permite postular un proceso de levantamiento en dos etapas o períodos principales. En la primera etapa se levantan las rocas del grupo Cañasgordas (formaciones Barroso, Urrao y Nutibara), configuradas en el segmento cordillerano superior. Este primer período de levantamiento posiblemente se relaciona con la acreción del bloque Chocó de Duque-Caro (1990), en el borde occidental de la protocordillera Occidental; según este autor, la acreción ocurre en el Mioceno medio. En la segunda etapa se produce el levantamiento del segmento cordillerano inferior y de la zona actual de piedemonte, proceso éste que continúa actualmente muy activo respecto a otras regiones del país.

Por lo tanto, desde el Mioceno medio se puede hablar de la existencia de una estructura lineal confinada lateralmente, correlacionable con el actual cañón del río Cauca. Esta correlación existe a la escala de morfoestructura mayor pero no significa similitud mórfica; posiblemente, la estructura precedente tenía una forma de valle, que guardaba más semejanza morfológica con el valle del río Cauca al sur del departamento de Caldas.

Asociar las fases tempranas de levantamiento tectónico de la cordillera Occidental en Antioquia con la acreción del bloque del Chocó implica definir mecanismos y factores causales distintos para el levantamiento de la cordillera en los departamentos del Valle del Cauca y Nariño.

El levantamiento de la cordillera Occidental, como consecuencia de la acreción del bloque del Chocó en el borde noroccidental, da origen al valle o cañón del río Cauca en Antioquia pero, además, crea las condiciones de contexto dentro de las cuales continuará su evolución posterior.

7.4.4 Estado 4. Cierre y levantamiento

Con la acreción del Bloque Chocó a la margen continental se inicia igualmente un proceso de cierre (acortamiento) del valle formado entre ambas cordilleras. En la parte más septentrional de este corredor el proceso de cierre va acompañado igualmente de un proceso de levantamiento tectónico.

Cierre y levantamiento constituyen el marco tectónico para la zona del cañón del río Cauca al norte de la población de Cartago durante el Neógeno. Este marco permite entender las diferencias en la estructura geomorfológica del valle del río Cauca al norte y al sur de la población mencionada; estas diferencias evidentes se incorporan en la toponimia de uso cotidiano. La zona del río Cauca se describe como “valle” al sur de Cartago y como “cañón” en los departamentos de Risaralda, Caldas y Antioquia.



El proceso de cierre y levantamiento que se configura desde el Mioceno medio parece ser sistemáticamente más intenso a medida que se avanza hacia el norte, desde Risaralda hacia Antioquia. Por lo tanto, la morfología del cañón varía desde un cañón profundo, amplio y con conservación de los materiales y estructuras mórficas construidas desde el Oligoceno, representado en el tramo Arquía-Liborina (extrapolable al tramo Arquía-Cartago), hasta un cañón igualmente profundo pero más estrecho en el cual la diferencia geográfica entre las cordilleras Central y Occidental prácticamente desaparece, correspondiente al tramo Liborina-Puerto Valdivia. En este tramo se ha producido una remoción casi total del registro sedimentario terciario e, incluso, los depósitos cuaternarios presentes posiblemente son del Pleistoceno superior-Holoceno.

El régimen tectónico de cierre y levantamiento continúa vigente desde el Mioceno medio y acompaña la fase del volcanismo del Combia en la cuenca.

Las diferencias en la magnitud de los levantamientos y cierre del cañón permiten zonificar el relieve del cañón del río Cauca. De acuerdo con la estructura mórfica de los tramos, los mayores levantamientos regionales se presentan en la unidad morfoestructural triángulo montañosos tropical, correspondiente a las parte más septentrional de ambas cordilleras; este sector corresponde igualmente al tramo del río Cauca entre las poblaciones de Liborina y Puerto Valdivia.

Este contexto tectónico de levantamiento y cierre en el que se inscribe la región del cañón del río Cauca en Antioquia difiere considerablemente del existente al sur de la población de Cartago en el departamento del Valle. En este sector, un contexto de levantamiento y cierre no está presente y, por el contrario, el valle del río Cauca se presenta como una depresión tectónica entre las cordilleras Central y Occidental, favorable a la depositación y acumulación de sedimentos.

7.4.5 Estado 5. El volcanismo Combia y sus implicaciones geomorfológicas

El volcanismo del Mioceno superior con asiento en el cañón del río Cauca produce cambios importantes en el sector comprendido entre Irra, en el departamento de Caldas, y el sector de Bolombolo-Anzá, en Antioquia.

El volcanismo Combia da origen a una sedimentación volcánica y vulcanoclástica abundante del orden de los 1000 a 1200 m; esta depositación transforma algunos tramos del cañón en superficies extensas de acumulación, que se extienden desde el sector de Filadelfia y Supía, en el departamento de Caldas, hasta el sector de Jericó y Fredonia, en el departamento de Antioquia.

La morfología de estas superficies era bastante compleja; los remanentes se conservan como terrenos colinados ubicados en diferentes niveles altitudinales en las partes bajas de los flancos del cañón.

La zona de acumulación más extensa se localiza en el tramo comprendido entre La Pintada y Bolombolo y se extendía lateralmente hacia los municipios de Jericó y Fredonia.

La depositación abundante y rápida implica un ascenso de los niveles base de las corrientes en este sector de varios cientos metros durante unas temporalidades relativamente cortas. Posteriormente, las redes de drenaje hacen una incisión vertical intensa y un proceso de retroceso paralelo de escarpes. La incisión vertical del río Cauca en el tramo La Pintada-Bolombolo corta toda la secuencia de las rocas de la formación Combia y amplía el fondo de su valle en las rocas sedimentarias de la formación Amagá para generar la dupla mórfica escarpe-rampa y un cañón bastante simétrico. La zona de escarpe está modelada en las rocas de la formación Combia y la zona de la rampa inferior en las rocas de la formación Amagá (figura 7.2).

La sucesión de intervalos de depositación volcánica y vulcanoclástica abundante, acompañada de colmatación de valles y seguida de un temporalidad en la que predominan una incisión fluvial vigorosa



y una ampliación lateral de los valles, da origen a un sistema de mesetas de acumulación que se conservan parcialmente en sectores como Jericó, cerro Amarillo, al oriente de La Pintada, y en el cerro Combia, al occidente de la población de Fredonia.

La meseta donde se ubica la población de Jericó es la más alta, la más extensa y la mejor conservada.

Estos relieves de acumulación se presentan en diferentes niveles altitudinales en el tramo comprendido entre La Pintada-Supía e Irra. Remanentes extensos de estas superficies de acumulación se presentan al occidente de las poblaciones de La Merced y Filadelfia, en el departamento de Caldas.

Relacionado espacial y genéticamente con los materiales volcánicos y volcano-clásticos existe un sistema numeroso de afloramientos de rocas hipoabisales porfídicas, especialmente pórfidos andesíticos, en los cuales se modelan cerros muy esbeltos, referenciados en la toponimia tradicional como farallones. Estas geoformas se localizan en las partes bajas de cañón entre Irra y Bolombolo. Varias de ellas posiblemente se corresponden con cuellos o pitones volcánicos y corresponden a las rocas que ocupaban las chimeneas volcánicas de los edificios volcánicos.

El volcanismo Combia da origen a un mosaico diverso de relieves volcánicos en el cañón del río Cauca, especialmente mesetas de acumulación de gran espesor y muy extensas.

La estabilidad mórfica de estas construcciones debe haber continuado hasta entrado el Plioceno, como lo indica la presencia de perfiles de meteorización muy espesos y muy evolucionados presentes en la parte superior del relleno de la meseta de Jericó. En la parte superior de estos perfiles de meteorización se desarrollan oxisoles profundos.

Durante el Plioceno y el Cuaternario, los relieves de origen volcánico estuvieron sometidos a una denudación e incisión fluvial profunda. Los edificios volcánicos (volcanes) quedaron reducidos a “farallones” y cerros muy esbeltos; las mesetas de acumulación fueron disectadas profundamente y la ampliación lateral de los nuevos valles las redujeron a remanentes de poca extensión.

Estos rasgos indican que durante el período de actividad volcánica y después de ella continúan vigentes las condiciones de esfuerzos regionales del estado precedente, es decir, una condición de cierre y levantamiento tectónico.

7.4.6. Estado 6. Los efectos del volcanismo del eje de la cordillera Central en el valle del Cauca.

Desde finales del Plioceno (2.8 m.a) la actividad volcánica se inicia hacia el eje de la cordillera Central a partir de departamento de Caldas y se continúa hacia el sur, con prolongaciones en el Ecuador.

Durante el Cuaternario, este volcanismo tiene consecuencias geomórficas importantes en el valle del río Cauca, especialmente en los departamentos de Quindío, Valle, Cauca y Nariño. Los efectos en la estructura del relieve del cañón del Cauca en Antioquia son mínimos.

Dentro de la zona de influencia volcánica y aluvial se configura un sistema de depositación durante el Cuaternario en las zonas de salida de los valles de montaña al valle del Cauca; la depositación en el departamento de Quindío (glacis del Quindío) es representativa de ello.

El material volcánico y vulcanoclástico proveniente del volcán del Puracé genera una colmatación parcial del valle del río Cauca en el sector del departamento del Cauca que da origen a la divisoria de aguas de los ríos Cauca y Patía dentro de un valle precedente.

En el departamento de Nariño, y con continuidad en el Ecuador, el valle del Cauca como depresión tectónica que separa las cordilleras Central y Occidental deviene en una meseta de acumulación vol-



cánica y vulcanoclástica. Esta situación durante el Cuaternario guarda cierta relación de similitud geomorfológica con la depositación de la formación Combia en el suroeste antioqueño, durante el Mioceno tardío.

En el departamento de Antioquia, la continuidad de la combinación cierre-levantamiento del cañón enmarca el comportamiento continuado de la dinámica fluvial durante el Plioceno-Cuaternario, consistente en una incisión fluvial vigorosa y un transporte de sedimentos muy eficiente.

La configuración morfológica del cañón del río Cauca desde el Plioceno es la respuesta a un contexto tectónico marcado por un levantamiento tectónico pronunciado y simultáneo de ambas cordilleras, especialmente de las franjas adyacentes al cañón, con lo cual se favorece tanto una incisión fluvial vigorosa como el encajamiento vertical de la cuenca a expensa de su ampliación lateral.

El levantamiento sincrónico de ambas cordilleras durante el Plioceno es de carácter basculante pero de sentidos opuestos, lo que indica un levantamiento más pronunciado en las fallas del sistema de Cauca-Romeral con respecto de las fallas del sistema de Palestina en el piedemonte oriental y de las fallas del piedemonte al valle del río Atrato. Sin embargo, las evidencias más claras de actividad tectónica cuaternaria se presentan en las fallas del piedemonte de la cordillera Occidental.

La evidencia de este contexto tectónico y su comportamiento durante el Plioceno se pone de manifiesto en el hecho de que muy pocas redes de drenaje que transcurren por los terrenos de las cimas de las cordilleras Central y Occidental fluyen hacia el río Cauca. Por el contrario, la mayoría de sus tributarios se inician en la parte superior de los flancos laterales del cañón. Ambas cordilleras se levantan pero sus gradientes regionales son de sentidos opuestos, una inclinación regional de la cordillera Central hacia el oriente y suroriental y una inclinación regional hacia el oeste para la cordillera Occidental.

8. Conclusiones

La reconstrucción de la evolución del relieve en el departamento de Antioquia conduce a la identificación de un proceso de aplanamiento ancestral de la mayoría de las litologías pre-terciarias (cretáceas y paleozoicas) presentes en la zona de la actual cordillera Central y en zonas extensas de la actual planicie atlántica. El aplanamiento regional destruye toda estructura mórfica precedente en el registro geomorfológico.

El aplanamiento ancestral se ubica temporalmente con anterioridad al Oligoceno, en un intervalo temporal entre el Eoceno y el Paleoceno.

El período temporal del aplanamiento regional afecta unidades litológicas muy diversas asignadas a los terrenos chibcha, tahamí y calima. Este periodo marca un cambio en los regímenes tectónicos. Con antelación al aplanamiento existen en el registro geológico evidencias de una tectónica de desplazamientos horizontales y cabalgamientos de ángulo bajo (obducciones) que marcan el comportamiento durante el Cretáceo. Con posterioridad al aplanamiento, la tectónica de la cordillera Central es de tipo vertical. Sin embargo, hacia la parte más al oeste de la cordillera Occidental la tectónica de tipo horizontal persiste hasta el Mioceno medio con la acreción del bloque del Chocó al borde occidental de la protocordillera Occidental (Grupo Cañasgordas).

Los levantamientos iniciales en la cordillera Central anteceden a los levantamientos iniciales de la cordillera Occidental. Las primeras fases de levantamiento en la cordillera Central ocurren antes del inicio de la depositación de la formación Amagá; para la cordillera Occidental posiblemente se inician durante el Mioceno medio.

Los primeros levantamientos en la cordillera Central se asocian con dislocaciones tectónicas verticales del aplanamiento ancestral en el sistema de falla Romeral. Estas dislocaciones dan origen a una super-



ficie de erosión levantada localizada al oriente (la protocordillera Central). La otra parte de la superficie ancestral deviene en una superficie de erosión en subsidencia sin confinamiento lateral al occidente.

En este contexto tectónico se inicia la depositación de la formación Amagá.

El sistema escalonado de altiplanos de la cordillera Central es el resultado del proceso discontinuo de levantamiento tectónico basculado al oriente que afecta a la superficie ancestral de aplanamiento. La transformación geomorfológica consiste en el desarrollo de una estructura escalonada de superficies plana a partir de una superficie aplanada ancestral.

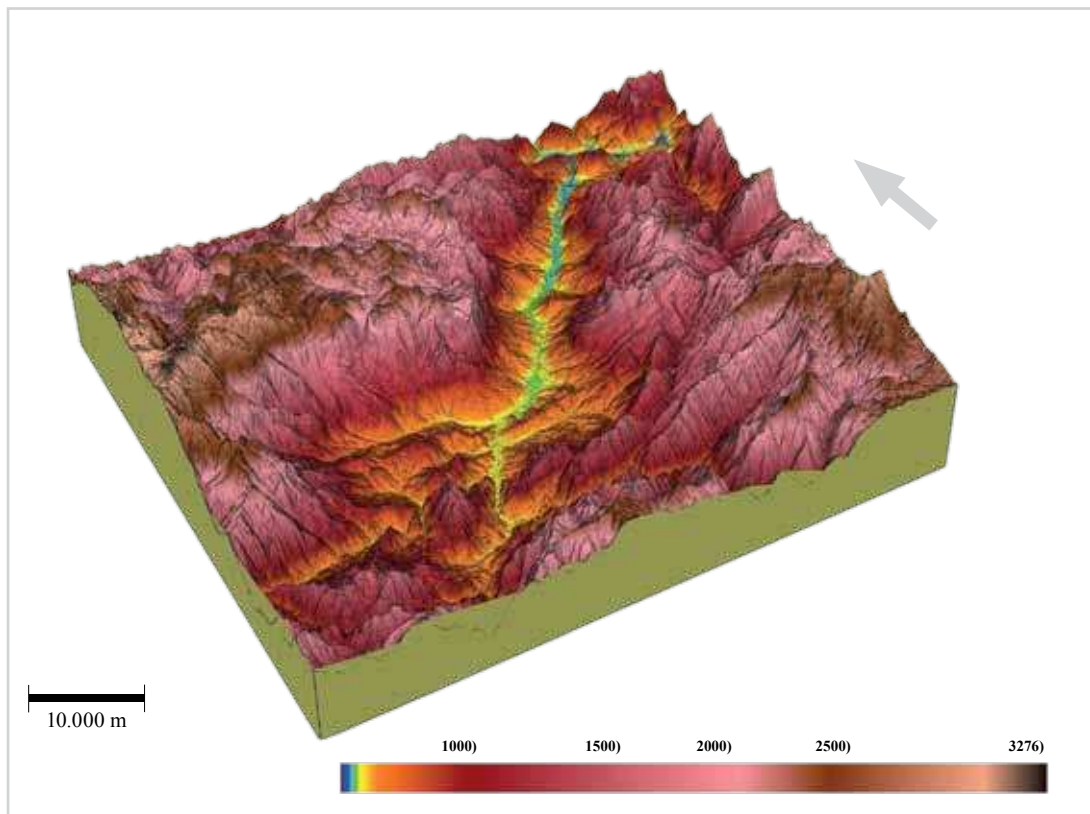
Los sedimentos removidos y transportados por este cambio mórfico corresponden a las capas de materiales arenosos y arcillosos de las rocas sedimentarias terciarias localizadas en las partes bajas del flanco oriental de la cordillera. El desconocimiento del Terciario del borde oriental de la cordillera es un obstáculo mayor para comprender en detalle la historia denudativa de las partes medias y superiores de este flanco.

Los mecanismos de levantamiento tectónico en la parte norte de las cordilleras Central y Occidental configuran dos segmentos cordilleranos con morfoestructuras diferentes.

La cordillera Central se consolida como un segmento cordillerano basculado con inclinación regional al este y sureste.

Figura 7.2.

Meseta volcánico-clástica de Jericó e incisión vertical y ampliación lateral del cañón del río Cauca. La depositación de materiales volcánicos y volcánico-clásticos en el sector de La Pintada-Bolombolo y otros tramos adyacentes, aguas arriba y aguas abajo, generó un ascenso considerable del nivel base del río Cauca y el desarrollo de un relieve colinado de colinas bajas después de este período eruptivo. Posteriormente la incisión fluvial se reactiva hasta cortar y cruzar toda la acumulación volcánico-clástica y la parte profunda del cañón vuelve a quedar modelada en las rocas sedimentarias de la formación Amagá. La incisión fluvial cede paso a una ampliación lateral y retroceso paralelo de escarpes en ambas márgenes del cañón que modelan la asociación mórfica de rampa y escarpe.





En la cordillera Occidental se configuran dos segmentos cordilleranos paralelos bien diferenciados en sus estructuras geológica y geomorfológica, al sur de la falla de Uramita.

El segmento cordillerano superior presenta un patrón mórfico de tipo trapezoidal con una zona axial en depresión en la cual se localizan los valles amplios y de fondo plano de los ríos Pabón y Penderisco en el sur y la quebrada La Herradura y el río Verde en la parte norte. Para algunos autores, estos relieves del eje cordillerano con relieve relativo suave corresponden a depresiones con control estructural y a zonas de distensión en el eje del cinturón cordillerano. Estos valles amplios y de gradientes muy bajas por donde fluyen corrientes con un patrón meándrico son testimonios de un modelado heredado generado en las fases tempranas del levantamiento cuando la cordillera se encontraba a poca altura.

El segmento cordillerano inferior está constituido por las rocas del complejo volcánico Santa Cecilia-La Equis y el batolito de Mandé. Estos materiales hacen parte del arco de Dabeiba y corresponden a la franja oriental de bloque del Chocó. Estas rocas se adosan al borde occidental de la cordillera en el Mioceno medio. Sin embargo, el levantamiento tectónico que las ubica en su posición actual ocurre durante el Plioceno y una parte significativa, del orden de los 200 a los 400 m ocurre posiblemente durante el Cuaternario.

La gradiente altitudinal principal en la cordillera Central descende de occidente a oriente mientras que en la cordillera Occidental tiene un sentido opuesto.

La cordillera Central se levanta como un bloque tectónico basculado limitado lateralmente por los sistemas de falla de Romeral y Palestina; los movimientos verticales más pronunciados ocurren en el borde occidental de la cordillera (en el sistema Romeral) mientras que los movimientos menores ocurren en el borde oriental.

Acompañando a los levantamientos tectónicos basculantes de sentido O-E (orientación transversal) se reconocen otros movimientos verticales de sentido N-S (orientación longitudinal) con un levantamiento pronunciado en la parte frontal que involucra simultáneamente a las cordilleras Central y Occidental.

La distribución espacial de las unidades litológicas cartográficas en la cordillera Central constituye un testimonio del mecanismo de levantamiento durante gran parte del Terciario:

- El terreno Puquí de Etayo et al (1983), constituido por las rocas metamórficas de mayor grado (migmatitas, neis félsicos, anfibolitas, granulitas) y las de mayor edad (¿precámbrico?) se localizan en el cañón del río Cauca, en el sector de la cara frontal en la que varias evidencias indican que el levantamiento final de la cordillera fue más pronunciado. Estas rocas de alto grado y de mayor edad pueden aflorar allí por la magnitud del levantamiento vertical durante el Plioceno.
- Rocas de alto grado, neis cuarzo-feldespáticos de San Lucas, de posible edad precámbrica, aparecen en el piedemonte oriental de la cordillera al este del sistema de falla de Palestina. Este escenario da lugar a dos interpretaciones diferentes: (1) Con antelación al proceso de levantamiento, movimientos de rumbo en el sistema de Palestina ponen en contacto dos terrenos geológicos diferentes pero con una cierta similitud en la estructura de sus unidades fundamentales. (2) La presencia de unidades de mayor grado de metamorfismo y de edad precámbrica al oriente del sistema de falla de Palestina expresa el mecanismo de levantamiento de estas fallas durante el Neógeno, en el que sistemáticamente el bloque occidental descende respecto al bloque oriental.
- La distribución espacial de las unidades litológicas del complejo Cajamarca (neises, esquistos, cuarcitas, anfibolitas y mármoles) en la parte oriental del flanco de la cordillera constituye un argumento importante al respecto; según González (1997), "...en términos generales, el



metamorfismo disminuye en intensidad de este a oeste en condiciones de medio a bajo grado, en las series de facies de baja presión”. Esta distribución es acorde con el patrón espacial del sistema escalonado de bloques tectónicos en que es dislocado el altiplano inferior por las fallas del sistema de Palestina.

La actividad tectónica vertical posterior al aplanamiento ancestral se concentra en tres corredores principales:

- En el sistema de fallas de Cauca-Romeral.
- En el sistema de falla de Palestina.
- En el sistema de fallas del piedemonte de la cordillera Occidental.

La actividad más compleja ocurre en el cañón del Cauca. En este sector un sistema de varias fallas inversas configura un proceso de levantamiento tectónico simultáneo de ambas cordilleras durante el Plioceno. Este levantamiento es acompañado del cierre del cañón del río Cauca, especialmente al norte de la población de Liborina.

La excavación de un cañón “en V” a lo largo del río Cauca se inscribe así en un contexto de levantamiento tectónico y de acortamiento de la separación entre ambas cordilleras. En este escenario tectónico de levantamiento y cierre se produce el modelado del Triángulo montañoso tropical (TMT) y de la parte del cañón del río Cauca que discurre dentro de aquél.

Las evidencias geomorfológicas de una actividad tectónica reciente (cuaternaria) son más claras en las fallas localizadas en el piedemonte externo de la cordillera Occidental, en las cuales se pueden identificar escarpes tectónicos muy continuos con desniveles de 50 a 70 metros en el sistema de abanicos aluviales cuaternarios de la zona del piedemonte.

El límite temporal para el inicio del levantamiento de la cordillera Occidental y la configuración inicial del cañón del río Cauca permanecen sin ubicación precisa. Los stocks monzodioríticos y el batolito de Farallones, ambos del Mioceno, son referentes de una edad máxima para el afloramiento en superficie de los terrenos del segmento cordillerano superior de la cordillera Occidental.



Literatura citada

Arias, L.A. 1995. El relieve de la zona central de Antioquia: un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos. *Revista Fac. Ing. Univ. Antioquia* 10: 9–24.

Arias, L.A. 1996. Altiplanos y cañones en Antioquia: una mirada genética. *Revista Fac. Ing. Univ. Antioquia* 12: 84–96.

Arias, L.A., González, L.H., Zapata, R.D., Arias, G. & J.C. Loaiza. 2002. Comportamientos y estructuras del relieve y los suelos en el altiplano de Santa Rosa de Osos (Antioquia). Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Documento inédito.

Arias, L.A., Parra, N., González, L.H., Cabrera, K. & R. Zapata. 2006. Cartografía del relieve en el altiplano de Santa Rosa de Osos. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Documento inédito. 152 pp.

Arias, L.A. 2007. Las concavidades de primer orden: Expresión del mecanismo activo de modelado en el altiplano de Santa Rosa de Osos. *Bol. Ci. Tierra. Univ. Nac. Colombia, Medellín* 20: 9–38.

Budel, J. 1982. *Climatic Geomorphology*. Princeton University Press, New Jersey.

Caballero, H., Gamboa, M.F., Machado, J. & B. Echeverri. 2002. Mapa geomorfológico de amenazas y áreas degradadas de la jurisdicción de Corantioquia a escala 1:100.000. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Documento inédito.

Duque-Caro, H. 1990. El bloque Chocó en el noroccidente suramericano. Implicaciones estructurales, tectonoestratigráficas y paleogeográficas. *Bol. Geol. Ingeominas* 31: 49–71.

Etayo-Serna, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., González, H., Orrego, A., Zambrano, F., Duque, H., Vargas, R., Núñez, A., Álvarez, J., Ropain, C., Ballesteros, I., Cardoso, E., Forero, H., Galvis, N., Ramírez, C & L. Sarmiento. 1983. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. *Publicación Geológica Especial, Ingeominas* 14: 1–235.

Flórez, A. 1986. Geomorfología del área Manizales-Chinchiná, Cordillera Central, Colombia. *Análisis Geogr. IGAC* 9: 1–158.

Flórez A. 2003. Colombia: evolución de sus relieves y modelados. Red de Estudio de Espacio y Territorio (RET), Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Garcés, J.F., Marín, L., & J.A. Osorio. 2003. Propuesta de un modelo y cartografía estructural del sistema de fallas de Palestina. En: *Memorias IX Congreso Colombiano de Geología*, Medellín.

González, H. 2001. Mapa geológico del departamento de Antioquia. Geología, recursos minerales y amenazas potenciales. Escala 1: 400000. Memoria explicativa. Ingeominas.

Grosse, E. 1926. Mapa geológico de la parte occidental de la cordillera Central de Colombia entre el río Arma y Sacaojal. Escala 1: 500.000. *El Terciario Carbonífero de Antioquia*. Dietrich Reimer, Berlín.

Ingeominas. 1997. Mapa geológico generalizado del departamento de Antioquia. Escala 1: 400.000. Bogotá.

Ingeominas. 2006. Mapa geológico de Colombia. Escala 1: 2'800.000. Bogotá.



Integral. 1982. Estudio de factibilidad para el proyecto “aprovechamiento múltiple del río Grande”. Estudio geológico y evaluación preliminar de riesgo sísmico. Informe final. Medellín.

Ollier, C.D., & C. Pain. 2000. The Origins of Mountains. Rotledge, Londres.

Page, W.D. & M.E. James. 1981. The Antiquity of the Erosion Surfaces and Late Cenozoic Deposits near Medellín, Colombia: Implication to Tectonics and Erosion Rates. Revista CIAF 6: 421–454.

Restrepo, J., Toussaint J., Cordoni U., Kawashita, K. & E. Linares. 1989. Geochronological review of the Northern Andes. Revista ICNE. Univ. Nac. Colombia, Medellín 2: 39–82.

Salazar, S. 2006. Caracterización litoestratigráfica y pedoestratigráfica de los materiales que suprayacen la discontinuidad superior en el altiplano de Santa Rosa de Osos. Tesis de Maestría, Postgrado en Geomorfología y Suelos, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Sánchez, C. 2007. Estratigrafía de los sedimentos aluviales en inversión de relieve del altiplano de Santa Rosa de Osos. Tesis de Maestría, Postgrado en Geomorfología y Suelos, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Sierra, G., Silva, C. & G. Correa. 2003. Estratigrafía secuencial de la formación Amagá. Bol. Ci. Tierra. Univ. Nac. Colombia, Medellín 15: 9–22.

Toussaint, J.F. & J.J. Restrepo. 1989. Acreciones sucesivas en Colombia. Un nuevo modelo de evolución geológica. En: Memorias V Congreso Colombiano de Geología, Bucaramanga. 1: 127–146.

Wood, J. 1996. The geomorphological characterization of digital elevation models. Dissertación. Department of Geography. Univ. Leicester. U.K.

Woodward-Clyde, Consultants. 1980. Preliminary Seismic Hazard Study, Ituango Project, Colombia.



CAPÍTULO 3

GEOGRAFÍA DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

POR: LUIS HERNÁN GONZÁLEZ SANTAMARÍA *

<i>Índice de Contenido</i>	<i>Pág.</i>
1. El Suelo	185
2. El Relieve	189
2.1 Montañas	189
2.2 Piedemonte	191
2.3 Colinas	192
2.4 Planicie aluvial	192
2.5 Planicie pantano-lacustre	193
2.6 Valles	193
2.7 Altiplanos	193
3. El Clima	194
4. Los Andisoles	197
4.1 Andisoles de climas fríos y paramunos	198
4.2 Andisoles de clima templado	201
5. Los Entisoles	202
5.1 Entisoles de clima frío	203
5.2 Entisoles en clima templado de húmedo a muy húmedo	204
5.3 Entisoles de climas cálidos de húmedo hasta muy húmedo	204
5.4 Entisoles de clima cálido de seco a húmedo	207
5.5 Los entisoles en clima cálido seco	209
6. Los Inceptisoles	210
6.1 Inceptisoles de clima frío de húmedo a muy húmedo	211
6.2 Inceptisoles de clima templado de húmedo a muy húmedo	212
6.3 Inceptisoles de clima cálido de húmedo hasta muy húmedo	213
6.4 Inceptisoles de clima cálido de seco a húmedo	219
6.5 Inceptisoles de clima cálido seco	220
7. Los Ultisoles	222
8. Los Oxisoles	224

**Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Escuela de Geociencias, Laboratorio de Suelos, Medellín, Colombia.*



Índice de Contenido	Pág.
9. Los Molisoles	226
10. Los Vertisoles	227
11. Los Alfisoles	228
12. Los Histosoles	229
13. Los Spodosoles	230
14. Conclusiones	231
Literatura citada	234

Índice de Figuras	Pág.
Figura 1. Perfil de suelo.	188
Figura 2. Piedemonte de la serranía de Abibe (eje bananero).	196
Figura 3. Cañón del río Cauca, sector La Pintada - Bolombolo.	197
Figura 4. Andisol en el municipio de La Unión.	202
Figura 5. Entisol, orthents.	206
Figura 6. Inceptisol, dystrudepts, Municipio de Yolombó.	213
Figura 7. Ultisol con horizonte cándico.	228
Figura 8. Spodosol en el municipio de San José de la Montaña.	233

Índice de Tablas	Pág.
Tabla 1. Valores de relieve relativo y su equivalente morfológico para el departamento Antioquia.	193
Tabla 2. Parámetros de la clasificación y unidades climáticas.	199
Tabla 3. Características principales de las unidades climáticas.	200
Tabla 4. Extensión de las diferentes unidades climáticas.	201
Tabla 5. Extensión (ha) de entisoles en el clima frío.	207



Índice de Tablas	Pág.
Tabla 6. <i>Extensión (ha) de entisoles en el clima templado.</i>	207
Tabla 7. <i>Extensión (ha) de entisoles en climas cálidos de húmedos a muy húmedos.</i>	208
Tabla 8. <i>Extensión (ha.) de entisoles en el clima cálido de seco a húmedo y seco.</i>	212
Tabla 9. <i>Extensión (ha) de inceptisoles en el clima frío.</i>	215
Tabla 10. <i>Extensión (ha) de inceptisoles en el clima templado de húmedo a muy húmedo.</i>	216
Tabla 11. <i>Extensión (ha) de inceptisoles en el clima cálido de húmedo a muy húmedo.</i>	218
Tabla 12. <i>Extensión (ha) de inceptisoles en el clima cálido seco y de seco a húmedo.</i>	223
Tabla 13. <i>Extensión (ha) de ultisoles en los climas cálido y templado de húmedos a muy húmedos.</i>	226
Tabla 14. <i>Extensión aproximada (ha) de los suelos en el departamento de Antioquia.</i>	234



Introducción

La geografía de suelos incluye el estudio de la localización, distribución y utilización de los suelos en el relieve; de los suelos como un cuerpo natural, compuesto de una población de individuos, los cuales se reconocen unos de otros en virtud de su morfología (perfil y horizontes), producto de los efectos del clima y los organismos vivos sobre un material parental, en un relieve específico y a través del tiempo. Este conocimiento requiere una adecuada conceptualización del relieve y el clima, para presentar el marco espacial en el que se describan e interpreten los suelos, se entienden sus propiedades, su génesis, sus usos actuales y potenciales y las limitaciones para su utilización.

Este texto ofrece un aporte al conocimiento de la geografía de los suelos en el departamento de Antioquia. Para lograr un mejor entendimiento del tema, se abordan tres diferentes aspectos: **el concepto de suelos**, como individuo y como población, su perfil y horizontes, se presentan los diferentes órdenes de suelo, de acuerdo con la metodología de la *Soil Taxonomy* (USDA y NCRS, 1999). **El relieve**, la concepción y la diferenciación de unidades, a fin de comprender las relaciones suelo-paisaje. **El clima**, con el objeto de entender sus efectos en la génesis de los suelos y en las limitaciones de uso. A continuación se discuten los diferentes tipos de suelo, en los subórdenes que se encuentran en el departamento de Antioquia.

Las fuentes de información utilizadas en la elaboración de este documento, además de la experiencia personal del autor, incluyen los trabajos publicados por las instituciones que han realizado la cartografía de suelos en el departamento:

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, en 1979 publicó en escala 1:100.000 el “Estudio de suelos de Antioquia”, recientemente revisado y con algunos sectores trabajados con mayor nivel de detalle (IGAC, 2007).

La Federación Nacional de Cafeteros ha publicado estudios específicos de suelos de la zona cafetera antioqueña en el suroeste y el oriente del departamento.

La OEA publicó en 1978 el estudio de suelos del Proyecto Darién, realizado en colaboración con el IGAC y Planeación Nacional.

La cuantificación de la extensión de los diferentes suelos se realizó sobre la base de los datos presentados en el estudio del IGAC (2007).

1. El Suelo

El suelo ocupa la parte más superficial de la corteza terrestre, en el contacto de la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera y la litosfera; es un cuerpo natural compuesto por una población de individuos, que se diferencian unos de otros en virtud de su perfil y del paisaje que ocupan.

El suelo se forma por interacciones dinámicas y complejas de clima y los organismos vivos, en un relieve determinado sobre un material geológico.

El suelo es hábitat y medio de crecimiento tanto para plantas como para microorganismos; estos últimos, al actuar sobre sustratos orgánicos e inorgánicos, confieren al suelo la función de reactor bioquímico, mecanismo por el cual el suelo participa en los ciclos biogeoquímicos de los elementos al igual que en la degradación de diferentes residuos (materiales orgánicos, pesticidas, etc.) que se adicionan en forma permanente cuando se utiliza.

El suelo presenta un perfil con horizontes formados por procesos pedogénicos, los cuales pueden agruparse en procesos de adiciones, translocaciones, transformaciones y pérdidas. Los horizontes pedogénicos del techo (superficie) a la base son: O, A, E, B, C, R, W (figura 1).



Los horizontes O se forman en ambientes de bosque natural o hidromórficos y son acumulaciones de material vegetal, frescos o con algún grado de transformación bioquímica.

Los horizontes A, de colores más oscuros, tipifican la incorporación de materiales orgánicos humificados a la fracción mineral, las arcillas del suelo; además, presentan translocación de materiales (arcillas, iones, compuestos orgánicos) a los horizontes subsuperficiales y presentan estructura pedogénica (organización espacial de partículas producto de la actividad biológica, los efectos climáticos y la presencia de agentes cementantes como óxidos de Fe, carbonatos de Ca, etc.).

El horizonte E es una variedad de horizonte A en el cual la eluviación o la percolación de materiales hacia horizontes subsuperficiales es máxima; por ende, es un horizonte con bajos contenidos de materia orgánica, oxi-hidróxidos de Fe y Al y arcillas y se diferencia del horizonte A por sus colores claros: es un horizonte albico.

El horizonte B presenta estructura pedogénica, un menor contenido de materia orgánica que los horizontes suprayacentes (A y E) y presenta acumulación iluvial del material que ha sido transportado de horizontes suprayacentes. Este transporte de materiales o eluviación ocurre a través del sistema poroso, por el cual sólo se movilizan materiales solubles en agua: carga iónica (Ca, Mg, Na, K, Fe, Si, Al) y ácidos orgánicos (ácidos fúlvicos y húmicos y otras sustancias húmicas), además de materiales que, por su tamaño muy fino (arcillas), pasan a través de los poros del suelo.

El horizonte C tiene pocos efectos de procesos pedogénicos: sin materia orgánica apreciable y sin estructura pedogénica, muchas veces corresponde al material terroso producto de la meteorización o alteración química de las rocas.

El horizonte R corresponde a la roca dura o a un material lo suficientemente cementado y coherente, de modo que su excavación con pala es impracticable.

El horizonte W corresponde a una lámina de agua, poco profunda y en la superficie del suelo.

Los suelos presentan una matriz orgánica y una matriz inorgánica; en ella se encuentran tanto los residuos orgánicos frescos como los humificados; estos últimos incluyen ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, y humina y consisten de polímeros orgánicos altamente condensados, que se encuentran en estado coloidal, le confieren a éste su característico color oscuro y la capacidad de retención de humedad y la reactividad química, ya que poseen carga eléctrica superficial en virtud de la disociación de sus grupos funcionales orgánicos: OH, COOH y NH₂.

La matriz inorgánica está compuesto de minerales, que pueden estar presentes en la fracción de tamaño arena del suelo (2 a 0,05mm), limo (0,05 a 0,002mm) y de tamaño arcilla (menos de 0,002mm). Las matrices arena y limo son importantes para las propiedades físicas de los suelos: circulación de agua, laboreo, estructura, erodabilidad, etc. La arcilla del suelo está compuesta principalmente por minerales arcillosos que presentan carga eléctrica superficial y son importantes en la determinación de las propiedades físico-químicas del suelo: retención de agua, comportamiento mecánico, interacción con compuestos orgánicos (moléculas de pesticidas, y agroquímicos), etc.

El grado de evolución del suelo se refleja en el tipo y espesor de los horizontes pedogénicos. En función del tiempo los factores han determinado la intensidad de los procesos formadores; esta última de alguna manera refleja la intensidad de los procesos erosivos o de sedimentación o a la resistencia a la alteración de los materiales parentales o las condiciones climáticas de temperatura y precipitación.

El primer horizonte mineral que se forma es el horizonte A, en la forma de un perfil A/C o A/R; esta configuración define un suelo que apenas inicia un proceso evolutivo y es un *entisol*; un desarrollo posterior en el suelo está indicado, por tanto, por la presencia del tipo del horizonte B. El primer horizonte B que se forma se diferencia del horizonte C por cambios de color y desarrollo de estructura pedogénica; se conoce como horizonte B cámbico o de cambio y el suelo que lo presenta es un *incept-*



tisol. La posterior diferenciación del horizonte B cámbico puede consistir en la acumulación iluvial de materia orgánica, Fe, Al y de materiales espódicos, para formar un Bh_s, lo que obviamente genera en el techo un horizonte E; este perfil (E/Bh_s) es característico de un **spodosol**, suelo que se presenta en ambientes húmedos, con la presencia de materiales orgánicos solubles (ácidos fúlvicos), producto de la descomposición de materiales orgánicos acidófilos. La migración de estos materiales se facilita si el perfil del suelo presenta materiales gruesos o arenosos.

En otros ambientes y en un mayor espacio de tiempo puede ocurrir la acumulación de arcillas iluviales, la cual produce un horizonte B argílico, que define un **alfisol** cuando el suelo es saturado de bases y un **ultisol** cuando es desaturado de las mismas; el primero es propio de climas secos estacionales y el segundo de climas húmedos. Los **ultisoles** pueden presentar una pérdida de arcillas en el horizonte superficial, gracias a la disolución de éstas, lo que genera un contraste granulométrico muy marcado con el horizonte subyacente; este contraste configura un horizonte cándico, que presenta una saturación de bases y una CIC (capacidad de intercambio catiónico) muy baja.

En ambientes de climas secos, con buena presencia de Ca y alta actividad biológica, se genera un horizonte A rico en bases (más de 50% de saturación de bases), friable, con buen desarrollo de estructura pedogénica, que se denomina A mólico y define un **molisol**, suelo de muy alta fertilidad física y química.

Los minerales arcillosos presentes en el suelo son esencialmente de tres tipos: las arcillas silicatadas, los oxihidróxidos de Fe y Al y los minerales de corto rango (alofano e imogolita), cada uno de los cuales tiene comportamientos físico-químicos muy especiales.

Las arcillas silicatadas, constituidas a partir de sílice y alúmina, incluyen arcillas de tipo 1:1 (una capa de sílice por una de alúmina), de tipo 2:1 (dos capas de sílice por una de alúmina) y arcillas 2:1:1:1.

Las arcillas de tipo 2:1, montmorillonita, illita, vermiculita e hidromicas, presentan una carga eléctrica, generada en desbalances eléctricos originados en el momento de formarse el cristal; esta carga es de carácter permanente. En general son muy pegajosas y plásticas y con alta capacidad de retener agua e intercambiar cationes (CIC) con el medio acuoso en el que se encuentran, lo cual se traduce en una mayor facilidad para intercambiarlos con las raíces de las plantas, lo que quiere decir que esta propiedad es directamente proporcional a la nutrición mineral de las plantas. La montmorillonita presenta una capacidad de expansión y contracción muy alta, en respuesta a ciclos de secado-humectación, lo cual las convierte en materiales no muy deseables en la construcción de obras civiles.

Los suelos en los que predominan las arcillas 2:1 expansivas, ubicados en climas con ciclos de humedad contrastados, pero en general secos, con un nivel de alto de bases (de Ca, Mg, Na y K), reacción básica, pH alto (condiciones obligatorias para la presencia y estabilidad de arcillas 2:1) y con alto contenido de arcillas (superior al 30%), se clasifican como **vertisoles**; estos suelos presentan buena fertilidad química, por sus altos contenidos de cationes, pero ofrecen problemas físicos de manejo: dificultad en el laboreo, debido a que en seco son muy duros y en húmedo son muy pegajosos y plásticos; además, la porosidad intra-agregados es muy baja.

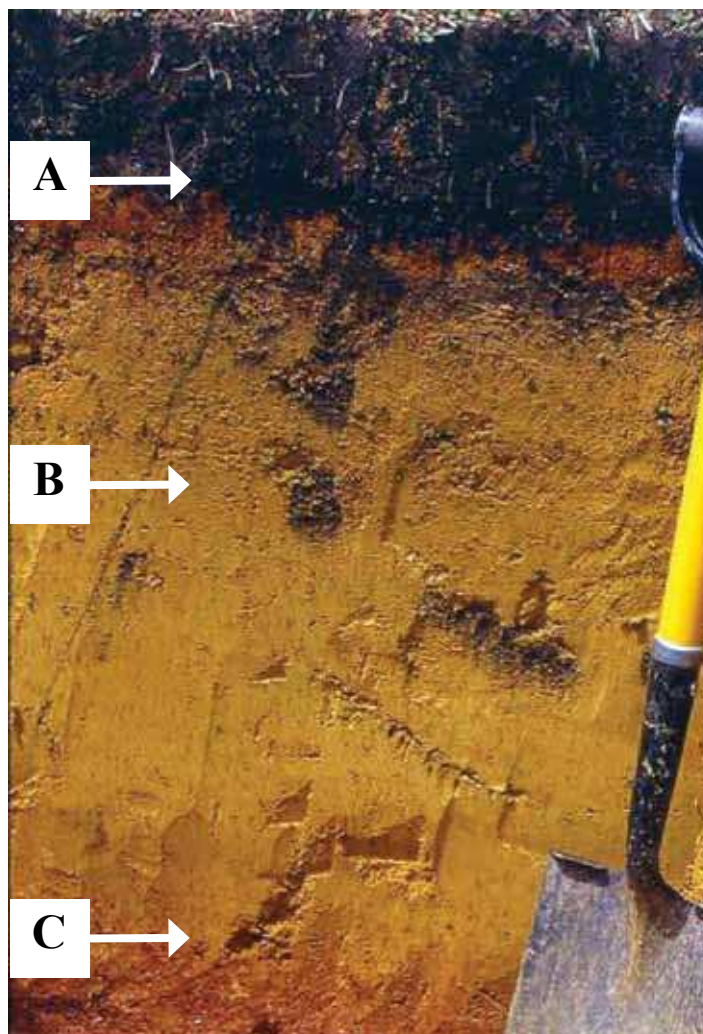
Las arcillas 1:1, caolinita y haloisita, son arcillas con menor carga eléctrica superficial y, por ende, de menor CIC, menor retención de humedad y menor pegajosidad y plasticidad que las arcillas 2:1; se conocen como canditas y constituyen parte de las llamadas arcillas de baja actividad (LAC: *Low Activity Clays*).

Los minerales de corto rango, alófano e imogolita, son el producto de la alteración química o meteorización de los materiales volcánicos (cenizas volcánicas, etc.) en climas húmedos, desarrollan carga eléctrica en virtud de la disociación o protonación de grupos OH, es decir, presentan una carga variable en función del pH del medio, que puede ser positiva o negativa. El desarrollo de cargas positivas las convierte en intercambiadores aniónicos (CIA); de estos aniones, el fosfato es particularmente factible

de ser retenido con cierta fuerza, de modo que se restringe la disponibilidad para las plantas, merced a un proceso llamado fijación de fosfatos. Presentan un complejo arcillo-húmico muy estable, con tasas de mineralización de la materia orgánica bajas, por efecto de lo cual se acumula y estos suelos presentan contenidos mayores que otros en las mismas condiciones medioambientales, característica que les confiere un color negro intenso. Esta acumulación de materia orgánica, producto de su lenta mineralización, los hace especialmente deficientes en los elementos que se aportan al suelo a través de la misma, específicamente N y S; por desarrollar carga positiva se convierten en intercambiadores aniónicos (CIA), y, en consecuencia, presentan una alta fijación de fosfatos (superior al 85%), que hace que en estos suelos las dosis de N y de P sean particularmente mayores que las utilizadas para los mismos cultivos en otros suelos. Éstos, por ser propios de ambientes con precipitaciones altas, presentan procesos de lixiviación de iones (Ca, Mg, Na, K), con la consiguiente acumulación de Al intercambiable y reducción en el pH, es decir, son suelos ácidos, desaturados de bases y con posibles toxicidades por la presencia de Al^{+3} intercambiable.

Estos minerales de corto rango son friables en cualquier estado de humedad, es decir, se fragmentan y deforman fácilmente cuando son sometidas a un esfuerzo mecánico; son suelos ligeramente pegajosos y plásticos, aun con contenidos importantes de humedad, lo cual les confiere una buena facilidad de laboreo; son muy porosos, con una densidad aparente muy baja, inferior a 0.85 g/cm^3 o Mg/m^3 . Estos minerales confieren al suelo una retención de humedad muy alta, incrementada por los contenidos muy elevados de materia orgánica. Los suelos dominados por esta mineralogía de arcillas (corto rango) pre-

Figura 1.
Perfil de suelo.
Horizontes A, B y C.
Ultisol en el municipio de
Santa Rosa de Osos
(foto: L.H. González).





sentan propiedades ándicas y se clasifican como **andisoles** si el 60% de los primeros 60 cm presentan propiedades ándicas.

Los oxi-hidróxidos de Fe y Al son minerales que predominan en suelos de climas húmedos en los que las pérdidas de cationes, a través de la percolación de agua en el perfil, son muy altas; en consecuencia son suelos de reacción ácida, con bajo contenido de nutrientes disponibles para las plantas, saturación de bases baja y exceso de Al, Fe y Mn, los cuales pueden alcanzar niveles de toxicidad para las plantas. Además, presentan carga variable y desarrollan carga positiva y procesos de fijación de fosfatos; hacen parte de las arcillas LAC. Los suelos en los cuales, como consecuencia de procesos extremos de alteración por lixiviación predomina esta mineralogía, con la concomitante acumulación residual de minerales resistentes al proceso de alteración química en la fracción arena (más de 90% de cuarzo y minerales resistentes) y su menor capacidad de intercambio catiónico (CIC) corresponden a los **oxisoles**.

Los suelos orgánicos o **histosoles** se forman a partir de materiales orgánicos, los cuales son factibles de acumular en ambientes reductores, saturados de agua o hidromórficos y en ambientes en los que la baja temperatura facilita la acumulación y conservación de la materia orgánica. Específicamente se presentan en las cubetas de decantación o *basines* de las llanuras aluviales, en las planicies de marea, en lagunas o ciénagas de diferente origen y en las zonas de baja temperatura como los páramos. Los suelos orgánicos generalmente son mal drenados, ácidos, presentan muy baja capacidad de soporte de estructuras civiles y manifiestan procesos de subsidencia.

2. El Relieve

La geografía de suelos incluye el estudio de la localización, la distribución y el patrón de los suelos en el paisaje, es decir, las relaciones suelo-relieve. Esto obliga a precisar algunos de los conceptos del relieve, objeto de estudio de la Geomorfología, con especial referencia al departamento de Antioquia, caso para el cual resulta ser de suma importancia hablar de montañas, piedemonte, colinas, planicie aluvial, planicie pantano-lacustre, valles aluviales y altiplanos.

El relieve del departamento, en términos de la cartografía de suelos, se ha interpretado como compuesto de un núcleo central, ubicado a mayor altitud, de relieve de **altiplanos** colinados y **montañas**, conformado por rocas ígneas, metamórficas, volcánicas y sedimentarias. Se encuentran **colinas** que bordean estos relieves, generalmente en rocas sedimentarias, pero igualmente en metamórficas e ígneas. De los anteriores relieves se originan sedimentos, aluviales y gravitacionales, que dan origen al **piedemonte**. Los ríos principales que drenan el departamento: Cauca, Magdalena, Nechí, Atrato y León, forman sus propias **llanuras aluviales** y los afluentes importantes de estos conforman los **valles aluviales confinados o estrechos**, inmersos en los relieves de colinas y montañas. Las tierras bajas, mal drenadas, ubicadas en la transición del piedemonte de Urabá a las llanuras de los ríos Atrato y León, conforman la **planicie pantano-lacustre**. Finalmente, el litoral caribe conforma la **planicie marina**.

2.1 Montañas

El IGAC (2007) considera el relieve de montañas como: “elevaciones o grupos de elevaciones originadas por fuerzas endógenas (orogénesis) modeladas y divididas posteriormente por fuerzas exógenas. Según su altura pueden ser divididas en montañas medias de formas generalmente redondeadas (desarrolladas por lo general en rocas de carácter granítico). También se observan montañas altas, de formas agudas y de pendientes abruptas. Un ejemplo de este tipo de montaña son los denominados “Farallones de Citará” localizados al Sur Oeste, del departamento; algunas de sus cimas tienen altitudes superiores a los 3000 metros.” (IGAC, 2007, 1, 84).



Para Olav Slaymaker, “«La geomorfología de montañas es una componente regional dentro de la Geomorfología» (Barsch y Caine, 1984). La región en este caso son las montañas del mundo definidas por su elevación absoluta (más de 600 m.s.n.m.), relieve disponible (más de 200 m/km²) y pendientes topográficas (superiores al 10%). No existe definición internacional estándar pero otros elementos que se incorporan con frecuencia son alta variabilidad espacial, presencia de hielo y nieve y evidencia de glaciación del Pleistoceno tardío” (Goudie, 2006:1-701). [“Mountain geomorphology is a ‘regional component within geomorphology’ (Barsch and Caine1984). The region in this case is the world’s mountains defined by absolute elevation (>600m above sea level), available relief (>200m km²) and topographic slopes (>10%). There is no international standard definition, but other elements which are frequently incorporated are high spatial variability, presence of ice and snow and evidence of late Pleistocene glaciation].

Arias (2011) calculó para el departamento de Antioquia algunas variables morfométricas con base en imágenes SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) con resolución espacial de 30 m. Entre ellas calculó el relieve relativo en m/km² (tabla 1), y consideró relieves con disección profunda los que superan los 350 m/km². Sin embargo, considera que este atributo no es exclusivo de este tipo fisiográfico (montañas); presentan igualmente valores muy altos de relieve relativo, por ejemplo: escarpes pronunciados de fallas y flancos laterales de cañones profundos encajados en superficies de erosión levantadas; por lo tanto, se hace necesario diferenciar entre relieve montañoso y relieve profundamente disectado, una diferencia que cobra especial importancia para comprender la morfología del relieve del departamento de Antioquia, para lo cual este autor incluyó además dos variables: la distribución espacial y la magnitud de la disección. Cuando la distribución espacial de relieves con valores relativos superiores a 350 m/km² ocupa zonas extensas y equidimensionales, Arias (2011) consideró que estas configuran un relieve montañoso típico.

Para el departamento de Antioquia, las condiciones que definen el relieve montañoso típico, de acuerdo con el mencionado autor, se cumplen en dos sectores:

El denominado “Triángulo montañoso tropical” (TMT), relieve que está conformado por el segmento de la cordillera Occidental localizado al norte de la falla de Uramita y por el segmento de la cordillera Central ubicado al oeste de la falla del Espíritu Santo. En la parte norte se prolonga hasta el límite con el piedemonte frontal. En este bloque son comunes los valores de relieve relativo de 450 a 1200 m/km², las vertientes son muy largas (de 900 a 2500 m) y se presentan pendientes pronunciadas.

Un segundo relieve montañoso se presenta en el sur del departamento (en la cordillera Central), en donde el avance remontante y convergente de los frentes de erosión desde los ríos Cauca y Magdalena consigue destruir el sistema de altiplanos extensos localizados en su eje y los transforma en un relieve de disección profunda. Esta configuración mórfica de la cordillera Central se presenta al sur de la población de Mesopotamia y continúa hasta las de Sonsón, Nariño y Argelia, en las cuencas altas de los ríos Samaná y Samaná Norte, en la cuenca del río Arma y parcialmente en la cuenca del río Buey.

Tres zonas restantes del departamento que presentan relieve con disección profunda, pero que no se consideran relieve montañoso típico, corresponden, de acuerdo con Arias (2011), a:

- El cañón del río Cauca:

-Entre La Pintada y Santa Fe de Antioquia constituye un corredor alargado y amplio asociado con el relieve profundamente disectado. El avance remontante de frentes de erosión desde el río Cauca es muy limitado entre Santa Fe de Antioquia y Bolombolo; sin embargo, a lo largo de los ríos San Juan, Bolívar y Barroso, en la margen occidental, y del río Arma, en la vertiente oriental, el avance de los frentes es significativo y constituye parte del relieve con disección profunda.

-En la parte superior del flanco occidental del cañón del río Cauca, su relieve de disección profunda se continúa sin ruptura de continuidad con relieves similares localizados en el peldaño



superior de la cordillera Occidental como el páramo de Frontino y la zona del parque de las Orquídeas.

- Los flancos de cañones lineales profundos en el flanco oriental de la cordillera Central. El cañón lineal más continuo y amplio corresponde al eje fluvial de los ríos Medellín-Porce. Otras franjas están asociadas con los cañones lineales de los ríos Nus, Samaná Norte, Claro y Nare en la parte oriental de la cordillera y de los ríos Mata, Pocuné y Tigüí en la parte norte.
- Franjas individuales, de amplitud variable, muy rectilíneas en algunos casos, que se inscriben en contextos geológico-geomorfológicos muy diversos:

-En la cordillera Central, parte oriental: franjas estrechas, continuas y muy rectilíneas, asociadas con escarpes de falla del sistema de falla de Palestina. En la parte occidental están asociados con los escarpes regionales erosivos que separan el sistema escalonado de altiplanos.

-En la cordillera Occidental, dos franjas paralelas enmarcan lateralmente el peldaño intermedio (corredor Murri-Mandé) y coinciden con fallas regionales y contactos geológicos entre unidades litológicas mayores.

-En la parte sur del cañón del río Cauca, los corredores escarpados quedan como resultado de la incisión fluvial de la meseta vulcano-clástica, asociada con la depositación de la formación Combia. Se trata de escarpes erosivos resultado de la incisión fluvial del río Cauca y del retroceso paralelo de los escarpes; la expresión clara de ello se presenta en el transecto entre las poblaciones de Fredonia y Jericó.

-En síntesis, y en este marco de ideas, el relieve montañoso, calculado por Arias (2011), sólo alcanza un 26,1 % del territorio del departamento, en contraste con el 66,1% calculado por el IGAC (2007).

2.2 Piedemonte

El piedemonte es una unidad de relieve que contiene elementos importantes en su significado:

Posición en el paisaje: el piedemonte se presenta a la salida de relieves de montañas o relieves con disección profunda a planicies.

Genético: formado por la sedimentación aluvial, con aportes más o menos importantes de depósitos gravitacionales (flujos de lodo, etc.).

Topografía: presenta la forma y el relieve de los abanicos aluviales.

Las tres condiciones en forma conjunta definen el piedemonte, no una de ellas, por ende, en el departamento de Antioquia los piedemontes se encuentran en el eje bananero de Urabá, al pie de la serranía de Abibe, entre Mutatá y Turbo (Figura 2). Un segundo piedemonte se encuentra en las estribaciones de la cuchilla de Chajeradó, formado por los ríos Murri y Arquía. Ambos piedemontes están en climas cálidos húmedos, muy húmedos e incluso pluviales.

Dado que en el cañón del río Cauca entre Santa Fe de Antioquia y la Pintada (Figura 3) no se cumplen las tres condiciones mencionadas en forma conjunta, los depósitos presentes en este cañón no se consideran piedemonte.

- En el sector de Bolombolo- Puente Iglesias-La Pintada, el cañón sufre un proceso de ampliación (retroceso de escarpes), esencialmente de carácter denudativo y en él sólo existen depó-



sitos delgados de caída de bloques de la formación Combia, depositados sobre la formación Amagá, y los depósitos aluviales son franjas estrechas y delgadas, no conectados unas a otras.

- En la cuenca de Santa Fe de Antioquia, los depósitos aluviales y gravitacionales pueden estar conectados, pero son modestos en tamaño y, además, no cumplen el requisito de que limiten con una planicie, en este caso la llanura aluvial del río Cauca, por lo cual no constituyen una planicie en sentido estricto. En otros términos, estos depósitos rellenan una cuenca: la de Santa Fe de Antioquia.

Algunos paisajes corresponden a piedemontes antiguos del Neoterciario, actualmente disectados y con apariencia de colinas, como es el caso del piedemonte frontal, en la región del Bajo Cauca, formado por los sedimentos de la formación Caucasia y la formación Tarazá, y del piedemonte del flanco oriental de la cordillera Central, en la región del Magdalena Medio, formado por los sedimentos de la formación Mesa. Estos piedemontes antiguos, se consideran en el análisis geomorfológico como parte del relieve de colinas.

2.3 Colinas

Arias (2011) considera como colinas los relieves con una diferencia entre la cima y la base inferior a los 250 m; además, separa las colinas en bajas, intermedia y altas, de acuerdo con su relieve relativo (tabla 1). En este texto se adopta el concepto de colinas en vez de lomerío, término utilizado por el IGAC (2007); en este documento se considera el lomerío como “un conjunto de pequeñas (“montes”) lomas y colinas, las cuales son elevaciones del terreno menores de 300 m, con cimas amplias, redondeadas y alargadas y gradientes de pendiente entre 7% y 25%, cuya forma recuerda el lomo de un mamífero” (IGAC, 2007). Este lomerío incluye relieves colinados de diferente índole:

- Aluviones antiguos, terrazas aluviales disectadas de los ríos Magdalena, Cauca y algunos afluentes principales.
- Piedemontes del Neoterciario, actualmente disectados como colinas.
- Cinturones de rocas sedimentarias terciarias, con relieves colinados que bordean la cordillera Central, en la parte frontal norte y en la parte oriental, la Serranía de Abibe, el Norte de Urabá (colinas en diferentes materiales: formaciones Floresanto-Marralú, Paujil, Corpas, Guineales, etc.), e igualmente colinas en la cordillera Occidental.
- Superficies de erosión en rocas ígneas o metamórficas, correspondientes al altiplano inferior y a bloques tectónicos al oriente, sureste y noreste del embalse del Peñol (Arias, 2011).

2.4 Planicie aluvial

El IGAC (2007) considera planicie aluvial “los aluviones recientes de los ríos y las terrazas existentes en el área”, en especial las de los ríos Cauca, Nechí, Magdalena y sus afluentes. Este tipo de relieve comprende los planos de inundación y las terrazas; el relieve es plano, con pendientes de 0 a 12 %. Estos aluviones, cuaternarios, se encuentran al oriente del departamento, asociados con el curso medio del río Magdalena entre Puerto Triunfo y Puerto Berrío; en la zona norte, relacionados con el Bajo Cauca, entre Puerto Valdivia y Nechí, y en la parte noroccidental, relacionados con la parte sur del río Atrato” (IGAC, 2007), debido a que la parte norte de esta última llanura se incluyó como parte de la planicie pantano-lacustre.

El concepto de planicie aluvial hace referencia a llanuras aluviales no confinadas lateral ni frontalmente; en este sentido, la división del IGAC (2007) presenta algunas dificultades de aplicación, debido a que las llanuras aluviales de estos ríos están confinadas lateralmente y es más adecuado llamarlas lla-



nuras aluviales del río Magdalena, etc., o bien valle aluvial del río Magdalena, etc. La división sugerida en ese documento está más bien relacionada con el tamaño y la importancia de este paisaje.

2.5 Planicie pantano-lacustre

193

Para el IGAC (2007) es la zona de “transición entre el piedemonte de Urabá y el gran *basín* del Atrato”; corresponde a la desembocadura del río León y sus afluentes a la zona del delta del río Atrato; el paisaje está sujeto a inundaciones y encharcamientos prolongados y a procesos activos de sedimentación que modifican el curso de ríos y caños.

2.6 Valles

El concepto de valles (IGAC, 2007) hace referencia a los aluviales confinados y se excluyen las llanuras aluviales de los ríos Magdalena, entre Puerto Triunfo y Puerto Berrío, la llanura aluvial del río Cauca entre Puerto Valdivia y Nechí, la llanura del río León, en su cuenca baja y la llanura del río Atrato en la parte sur y norte del departamento.

Los valles aluviales incluyen los valles de los ríos principales del departamento: en el Urabá antioqueño, los ríos Apartadó, Carepa, Sucio, Mulatos, San Juan, Caimán y algunos afluentes del río León. En el oriente del departamento los ríos San Bartolomé, Nare, Malena, Cocorná, La Miel y otros afluentes menores del río Magdalena. En el Norte el río Man y algunos afluentes del río Cauca.

2.7 Altiplanos

Para el IGAC (2007), el paisaje de altiplanicie “está conformado por dos unidades de aplanamiento de mayor extensión, localizadas al norte de la cordillera Central, en el batolito antioqueño, constituyendo superficies planas y onduladas cubiertas por gruesas capas de arcillas y arenas graníticas con una capa de cenizas volcánicas, a partir de la cual evoluciona la pedósfera. Se ha identificado, el de Santa Rosa de Osos al norte, y el de Rionegro al sur e interrumpidos por el cañón profundo del río Medellín-Porce” (IGAC, 2007).

Para Arias (1995,1996), los altiplanos presentes en el departamento son más extensos. Una estructura escalonada de altiplanos, con relieve colinado, domina en la vertiente oriental de la cordillera Central, y un sistema de colinas intermedias y bajas para los peldaños más altos (altiplanos: Santa Rosa de Osos, Rionegro y embalse del Peñol) y un conjunto de colinas altas para los peldaños de la parte oriental. En este flanco oriental, Arias (2011) diferencia tres sectores:

Tabla 1.
Valores de relieve relativo y su equivalente morfológico para el departamento de Antioquia.

Valor de relieve relativo (m/km ²)	Descripción morfológica
0 a 10	Zonas planas extensas; sistemas de terrazas; sistema escalonado de abanicos aluviales y colinas masivas, amplias y muy bajas.
10 a 75	Colinas bajas
75 a 150	Colinas intermedias
150 a 300	Colinas altas
300 a 350	Transición entre relieves colinados y relieves con disección profunda
350 a 450	Relieve con disección profunda baja
450 a 600	Relieve con disección profunda intermedia
600 a 1200	Relieve con disección profunda pronunciada



El primero se ubica al norte del cañón del río Medellín y al occidente del cañón del río Porce y presenta una estructura escalonada de altiplanos separados por escarpes erosivos. En el altiplano páramo de Belmira, el más elevado y de menor extensión, predominan colinas altas e intermedias; en el altiplano de Santa Rosa de Osos, en posición altitudinal intermedia y de mayor extensión, predominan las colinas intermedias y bajas. El altiplano de Carolina-Gómez Plata ocupa la posición altitudinal más baja y presenta un desarrollo de colinas de todos los tipos.

El segundo sector de la cordillera Central, limitado al norte por el cañón del río Nus y al noroeste por el cañón del río Medellín y el valle de Aburrá, cubre la mayor parte del rango altitudinal del flanco, desde el altiplano de Santa Elena hasta el límite con el piedemonte oriental.

El tercer sector, limitado al occidente por el cañón del río Porce y al sur por el cañón del río Nus, presenta un único altiplano basculado al oriente, claramente dislocado en su parte más oriental por las fallas del sistema Palestina.

Una estructura escalonada del relieve es un rasgo común a estos tres sectores, más marcado en los dos primeros; el escalonamiento del relieve consiste en sistemas de altiplanos separados por escarpes regionales de carácter erosivo, los cuales se encuentran disectados, de manera tal que conforman relieves con disección profunda.

3. El Clima

El clima es uno de los componentes del sistema natural que afecta la distribución de los suelos en una región, no sólo porque es un factor de formación de ellos sino porque también afecta de una u otra forma la distribución y los efectos de los organismos vivos (comunidades vegetales y animales). El efecto del clima en los suelos se traduce en dos efectos importantes: la lixiviación de bases y la erosión. La cantidad de agua que pasa a través del perfil del suelo, disponible para los procesos pedogénicos (la lixiviación de iones y la diferenciación de horizontes), y la cantidad de agua que escurre en la superficie del terreno y en consecuencia favorece la erosión superficial, no sólo son función del relieve sino, además, del balance entre la precipitación y la temperatura, es decir, la evapotranspiración potencial, la cual está asociada a la evaporación de la superficie del suelo, la humedad atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la radiación, la luminosidad y la nubosidad.

El IGAC (2007) empleó el método propuesto por Thornthwaite para el cálculo de la evapotranspiración potencial (la cantidad de agua que se podría evaporar de la superficie del suelo y la que transpirarían las plantas si el suelo estuviera a plena capacidad de campo, es decir, con el máximo de agua disponible para las plantas) y encontró que “en las partes altas de las cordilleras Central y Occidental, se registran valores inferiores a los 1000 milímetros; en los flancos de las cordilleras Central y Occidental, varían entre 1000 milímetros y 1500 milímetros; y en los valles de los ríos Cauca, Magdalena y Atrato se alcanzan valores superiores a los 1500 milímetros” (IGAC, 2007).

Con las interacciones de la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración y mediante la realización de un balance hídrico en el suelo, esa entidad realizó una zonificación climática del departamento (tabla 2), que tiene por objeto establecer relaciones entre la distribución de los suelos, las limitaciones de uso, los niveles de fertilidad natural y los tipos de suelo presentes y consta de dos elementos importantes: la delimitación de los pisos térmicos y la condición de humedad.

El IGAC (2007) definió los siguientes pisos térmicos:

Piso térmico cálido. Comprende alturas que van de 0 a 1000 msnm, con una variación altitudinal de la temperatura entre los 28, 1°C y los 22,5°C.

Piso térmico templado. Corresponde a la faja altitudinal que va de los 1000 msnm hasta los 2000 msnm, en la que se presenta una variación de la temperatura entre los 22,7°C y los 17,5°C.



Piso térmico frío. Comprende alturas que van desde los 2000 msnm hasta los 3000 msnm, en las que se registra una variación altitudinal de la temperatura, entre los 18,4°C y los 12,6°C.

La ubicación, condiciones y extensión de las diferentes unidades climáticas en el departamento (IGAC, 2007) se sintetizan en las tablas 2, 3 y 4 y se describen a continuación.

Clima cálido seco

Está localizada en el valle del río Cauca, entre las cabeceras municipales de Anzá, Santa Fe de Antioquia y Olaya, y en el noroccidente del departamento, entre las cabeceras municipales de San Juan de Urabá y Arboletes, paralelo a la línea litoral.

Clima cálido húmedo

Se presenta en el valle del río Magdalena en las cabeceras municipales de Puerto Triunfo, Puerto Boyacá, Puerto Nare, Yondó y Caracolí y parte de los municipios de Maceo, Segovia y Remedios, entre otros; en la parte nororiental del departamento, en donde se hallan las cabeceras municipales de Tarazá y Caucasia; al noroccidente del departamento, en donde se ubican los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartadó, Turbo, San Pedro de Urabá, Necoclí, San Juan de Urabá, Dabeiba y Uramita, y en algunos sectores del valle del río Cauca.

Clima cálido muy húmedo

Esta unidad climática se encuentra distribuida al oriente del departamento, en el valle del río Cauca y la confluencia con el del río Magdalena, en donde se encuentran las cabeceras municipales de Nechí, El Bagre, Cáceres, Zaragoza, Segovia, Remedios y Maceo; al occidente del departamento, en donde se encuentran las cabeceras municipales de Mutatá y Murindó, hasta los límites con el departamento del Chocó, y en algunos sectores del valle del río Cauca.

Clima templado seco

Esta unidad climática se encuentra localizada en el área de influencia del río Cauca, al occidente de la unidad climática cálido seco (Cs); por carencia de los registros no se presentan las características más relevantes.

Clima templado húmedo

Esta unidad climática se encuentra distribuida principalmente en la parte central del departamento, en inmediaciones del valle del río Cauca, en donde se encuentran las cabeceras municipales de Concordia, Betulia, Ebéjico, Buriticá, Toledo, Peque e Ituango, y en algunos sectores limitantes con el departamento de Córdoba.

Clima templado muy húmedo

Esta unidad climática se encuentra colindando con la unidad cálido muy húmedo, en donde se encuentran las cabeceras municipales de San Luis, San Carlos, San Rafael, Yolombó, Yalí, Amalfi, Gómez Plata, Carolina, Angostura, Campamento, Anorí, San Andrés, Sabanalarga, Frontino, Salgar, Ciudad Bolívar, Betania, Andes Pueblorrico, Jericó, Támesis, Valparaíso, Santa Bárbara, Fredonia, Venecia, Amagá, Titiribí, Angelópolis, Armenia, Heliconia, Caldas, La Estrella, Sabaneta, Itagüí, Copacabana, Girardota, Barbosa, Concepción, El Peñol y Nariño, entre otros; y también aparece en algunos sectores limitantes con el departamento de Córdoba.

Templado pluvial

Esta unidad climática se encuentra en el sector suroriental del departamento; en ella se encuentran las cabeceras municipales de Argelia, San Francisco, Cocorná, Guatapé, Alejandría, Santo Domingo, San Roque y Cisneros, entre otros.



Frío húmedo

Esta unidad climática se encuentra en el sector central del departamento; en ella se encuentran la cabecera municipal de Belmira, entre otros; en los dos costados de la parte alta del cañón del río Cauca, y un amplio sector del nudo de Paramillo.

Frío muy húmedo

Esta unidad climática se encuentra en el sector central del departamento; en ella se encuentran las cabeceras municipales de Sonsón, Abejorral, La Unión, La Ceja, El Retiro, Carmen de Viboral, Granada, El Santuario, Rionegro, Marinilla, San Vicente, Guarne, Donmatías, Entreríos, Santa Rosa de Osos, Yarumal, San José de la Montaña y Caicedo, entre otros, y un amplio sector ubicado en el sector suroccidental del departamento.

Frío pluvial

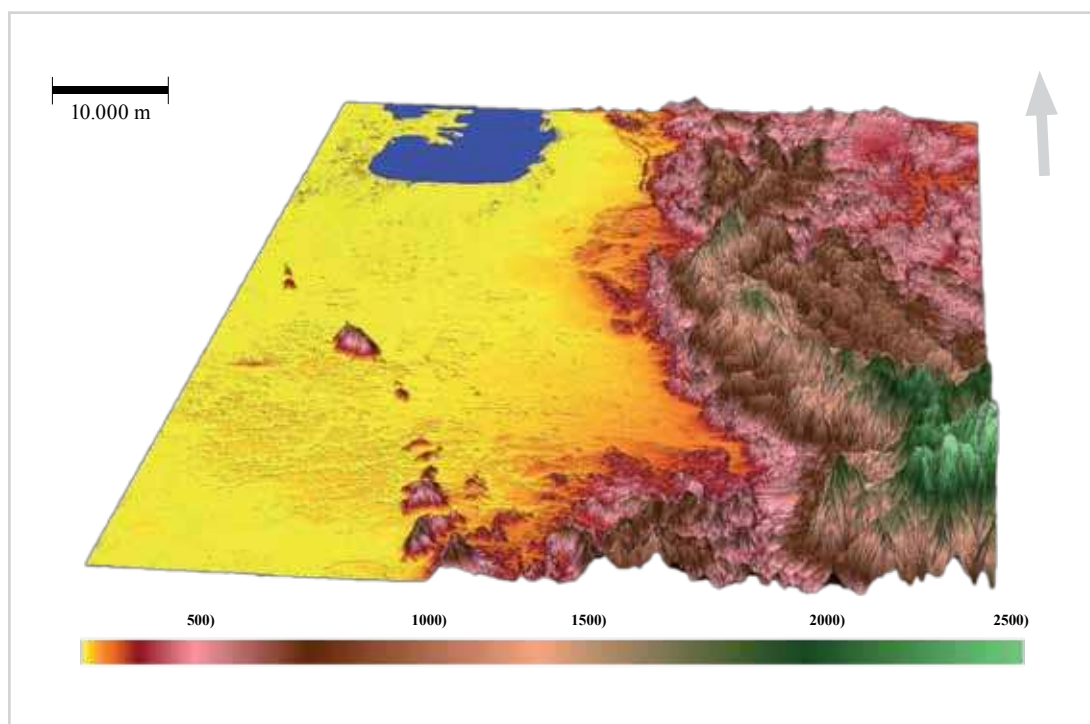
Esta unidad está localizada en la parte suroriental del departamento, limitada por los municipios de Sonsón, Nariño, San Luis, San Carlos, San Rafael, Guatapé y Cocorná.

Páramo húmedo, páramo muy húmedo y páramo pluvial

Estas unidades climáticas se encuentran localizadas por encima de los 3.000 msnm; por carecer de registros climáticos, no se presentan las características más relevantes.

Figura 2.

Piedemonte de la serranía de Abibe (eje bananero). Sobre el extremo superior izq., el golfo de Urabá. Gráfico con base en imágenes SRTM, con resolución espacial 30 m. (Fuente: Arias, 2011).





4. Los Andisoles

Los *andisoles* (figura 4) merecen mención aparte por su importancia no sólo en Antioquia sino en el resto del país. Son suelos recientes que se presentan en climas húmedos y muy húmedos, formados a partir de materiales piroclásticos, específicamente cenizas volcánicas. En Antioquia, la fuente principal de estos materiales es el macizo volcánico Ruiz-Tolima, con aportes menores del volcán de San Diego y el páramo de Frontino.

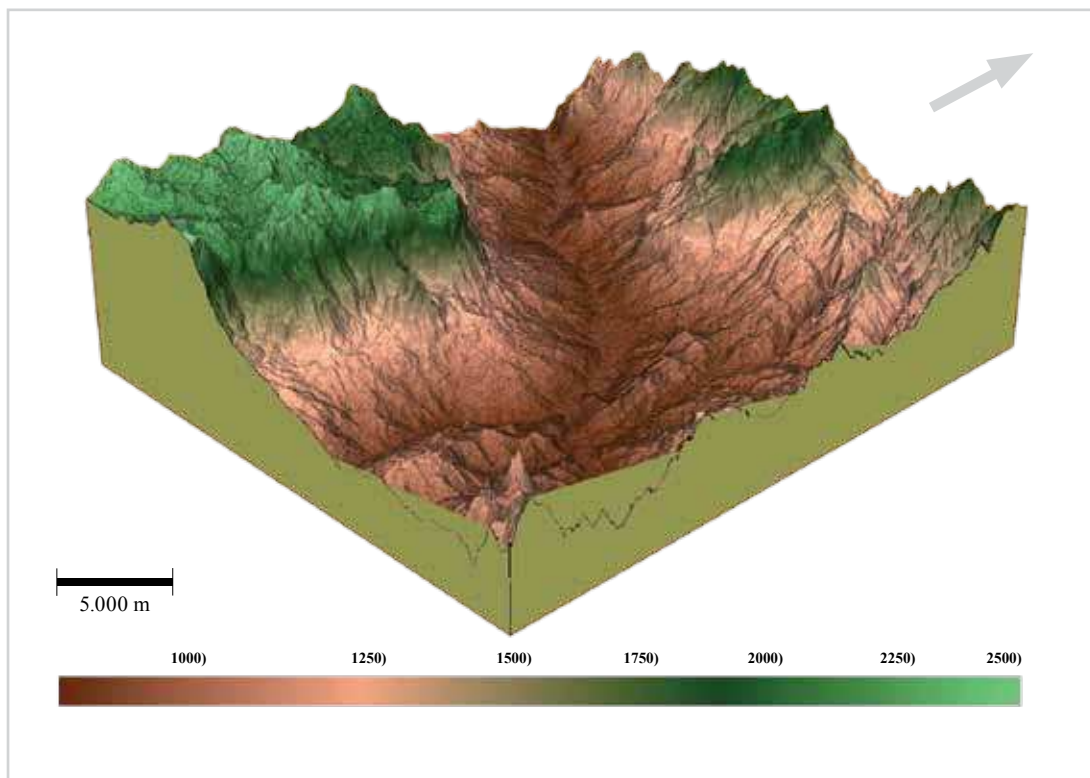
Las cenizas volcánicas expulsadas siguen la dirección del viento predominante, recubren en Antioquia los relieves de mayor altitud y de menor inclinación, fundamentalmente los altiplanos, y cuanto más cerca estén la fuente volcánica, mayor es el espesor. En Sonsón los recubrimientos son mayores mientras que en el norte de Antioquia los espesores son mínimos o inexistentes.

El espesor de las cenizas está asociada con la inclinación de las vertientes, debido a que en relieves más escarpados la erosión las remueve y en algunos casos sólo alcanzan a quedar acumuladas en resaltos de vertiente, concavidades, fondos de valles y paleocanales. En general se acepta que las acumulaciones de ceniza son el producto de varias erupciones.

Los *andisoles* deben tener al menos el 60% de los primeros 60 cm superiores del perfil con propiedades andicas, definidas previamente; si la presencia es menor, los suelos se reconocen como subgrupos ándicos. Esta condición varía en función del espesor de la ceniza volcánica acumulada, la cual está afectada por factores locales de relieve y por la distancia a la fuente del material volcánico.

Los *andisoles* alcanzan en Antioquia, de acuerdo con los estimativos realizados a partir del estudio de suelos del IGAC (2007), una extensión total de 1.118.386,98 ha, de las cuales 844.374,62 (el 75,50%)

Figura 3. Cañón del río Cauca, sector La Pintada - Bolombolo. Gráfico con base en imágenes SRTM, con resolución espacial 30 m. (Fuente: Arias, 2011).





son propiamente *andisoles* y los subgrupos *andic* (*Andic Dystrudepts*, *Aquandic Dystrudepts*) están en 274.012,36 ha (24,50%).

Los *andisoles* están presentes en Antioquia, en clima frío, paramuno y templado. En climas fríos en ambientes húmedos y muy húmedos en zonas de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), y en el clima muy frío o paramuno, que corresponde a las zonas de vida de bosque pluvial montano bajo (bp-MB) y bosque pluvial montano (bp-M). En climas templados, con temperatura entre 18°C y 24°C, en ambientes húmedos a muy húmedos en zonas de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).

En general, los *andisoles* son suelos de excelentes propiedades físicas: alta retención de humedad (a 1500 kPa pueden retener más 70% de humedad), porosidad alta, con predominio de microporos y densidad aparente baja. Químicamente su fertilidad natural es baja (suelos ácidos con déficit de bases y Al intercambiable alto, incluso con niveles de toxicidad y alta retención de fosfatos), lo cual implica que la productividad de la vegetación sea menor; sin embargo, la utilización casi permanente de insumos (enmiendas calcáreas, fertilizantes orgánicos y químicos) para la producción de cultivos ha mejorado su fertilidad natural. En estos ambientes húmedos no se presentan períodos en el año en los cuales haya restricciones para el crecimiento vegetal, por efecto de déficit hídrico.

Son suelos relativamente resistentes al procesos erosivo, aunque no inmunes a él; por lo tanto, y debido a algunas prácticas de preparación inadecuada y excesiva de suelos, asociadas a la susceptibilidad inherente a la erosión de los diferentes cultivos hortícolas, se presentan pérdidas de suelo por escorrentía, notorias por ejemplo, en el corredor de la autopista Medellín-Bogotá, en los cultivos hortícolas existentes entre Marinilla y El Santuario. Cuando los *andisoles* se encuentran en vertientes escarpadas, sobre materiales de comportamiento geomecánico diferente, es factible la presencia de movimientos en masa: reptación, deslizamientos, etc.

En estos suelos se realiza una actividad agropecuaria intensa, en la que se producen hortalizas, papa, frijol, maíz, pastos (kikuyo, rye gras, etc.) para alimentación de ganado vacuno especializado en producción de leche (Holstein, Ayrshire, Jersey, etc.), cultivos de flores (en buena parte para exportación, tanto en invernaderos como a plena exposición), aguacate, breva, fresa, mora, tomate de árbol, producción comercial de bosques de coníferas (cipreses y pino pátula) y bosques naturales.

4.1 Andisoles de climas fríos y paramunos

Los *andisoles* alcanzan en estos climas una extensión total de 740487,623 ha, de las cuales 643608,26 (86,92%) son propiamente *andisoles* y 96879,36 ha (13,08%) son de los subgrupos *andic* (*Andic Dystrudepts*, *Aquandic Dystrudepts*); ambos son estimativos realizados a partir del estudio de suelos del IGAC (2007).

Los suelos se clasifican en el suborden *udand*, debido al régimen de humedad údico del suelo (permanecen con humedad disponible para las plantas al menos 270 días acumulativos en el año), un efecto de los climas húmedos. Los grandes grupos presentes pertenecen a *fulvudands*, *placudands*, *hapludands* y *melanudands*.

Se encuentran recubriendo los paisajes del sistema escalonado de altiplanos, en específico los que se encuentran a altitudes superiores a los 2000 msnm, como son el altiplano antiguo (páramo de Belmira-Santa Elena-Sonsón), el altiplano intermedio (Santa Rosa de Osos-Rionegro) y, localmente, en los escarpes regionales, que los separan, de acuerdo con el esquema geomorfológico propuesto por Arias (1995, 1996). Además se encuentran en un relieve con disección profunda que no constituye un relieve de montañas, aun con apariencia de ellas; se encuentran en inclinaciones de la vertiente superiores al 50%.

En general se presentan estos suelos en extensión importante en la región del oriente antioqueño, en los municipios de Rionegro, El Carmen de Viboral, Guarne, Marinilla, La Ceja del Tambo, La Unión,



Sonsón, Argelia, Nariño, El Retiro y Abejorral, y en menor extensión en Concepción y San Vicente, El Peñol, Guatapé, El Santuario; en Medellín en la vereda de Piedras Blancas y el corregimiento de Santa Elena, y en Envigado en la vereda Pantanillo, en el Alto de las Palmas, etc.

199

En el norte de Antioquia, sólo se encuentran las cenizas en la vía de San Pedro de los Milagros a Enterríos; a partir de este sector los recubrimientos de ceniza son muy delgados y discontinuos y sólo son representativos en algunas concavidades del terreno, en las que fue factible preservarlos. Además hay *andisoles* en sectores localizados de Belmira, Donmatías y parte alta de San Jerónimo. En Santa Rosa de Osos, Enterríos, San José de la Montaña, los *andisoles* están presentes en depresiones del relieve, fondos de valles y concavidades de primer orden, circunstancia explicable por la mayor distancia a la fuente volcánica.

Las cenizas volcánicas, incluso con espesores superiores a 1 m, también recubren en las llanuras aluviales presentes en los altiplanos, las terrazas y abanicos aluviales y en otros depósitos gravitacionales, excepto en la parte inundable de estas llanuras; por ejemplo la llanura del Río Negro, las quebradas La Mosca y La Pereira, etc., en el sector de Guarne - Rionegro - La Ceja del Tambo- Llanogrande. Igual situación ocurre en el municipio de San Pedro de los Milagros y en el sector de Llano de Ovejas. En depósitos aluviales actuales e inundables, la ceniza volcánica ha sido removilizada y no se presentan *andisoles*.

En los taludes de las terrazas aluviales, por efecto de una mayor pendiente, los recubrimientos son menores y se presentan suelos de subgrupos *andic*.

Se presentan *andisoles* en los relieves con disección profunda, con vertientes más inclinadas que en las colinas del altiplano, en especial en los escarpes regionales entre altiplanos, en los escalonamientos disectados que separan niveles (colinas) en el interior de un altiplano, en las vertientes de los cañones de algunos ríos (del río Medellín-Porce, del río Cauca, del río San Juan, etc.).

Tabla 2.
Parámetros de la clasificación y unidades climáticas.

Índice ETP/P	Seco (2,0 a 1,1)	Húmedo (1,0 a 0,51)	Muy húmedo (0,50 a 0,26)	Pluvial (0,25 a 0,125)
ALTITUD TEMPERATURA (T °C)	PRECIPITACIÓN			
CÁLIDO De 0 a cerca de 1000 T: superior a 24°C	De cerca de 1000 a menos de cerca de 2000	De cerca de 2000 a menos de cerca de 4000	De cerca de 4000 a menos de cerca de 8000	Más de 8000
TEMPLADO De cerca de 1001 a menos de cerca de 2000 T: entre 24°C y 18°C	De cerca de 500 a menos de cerca de 1000	De menos de 1000 a cerca de menos de 2000	De cerca de 2000 a menos de cerca de 4000	Más de 4000
FRÍO De cerca de 2001 a menos de cerca de 3000 T: entre 18°C y 12°C	De cerca de 5000 a cerca de menos de 1000	De cerca de 1000 a menos de cerca de 2000	De cerca de 2000 a menos de cerca de 4000	Más de 4000
PÁRAMO Más de 3000 T: superior 12°C	Menos de 500	De cerca de 500 a menos de cerca de 1000	De cerca de 1000 a menos de cerca de 2000	Más de 2000

Convenciones: ETP: evapotranspiración potencial (mm); P: precipitación promedio (mm); intervalo altitudinal (msnm). Fuente: (IGAC, 2007).

En las vertientes de los diferentes cañones, las cenizas volcánicas se presentan de manera discontinua, en general por encima de los 2000 msnm, en climas frío-húmedo y muy húmedo, si bien se presentan a alturas inferiores en climas templados (1200 msnm). En el cañón del río Medellín-Porce, se encuentran en diferentes sectores del valle de Aburrá: en el sur y en la parte alta de los municipios de La Estrella, Caldas, Sabaneta, Envigado, en el norte de la parte alta de Medellín, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa.

En el cañón del río Cauca, en sectores localizados de los municipios de Fredonia, Jericó, Jardín, Santa Bárbara, Valparaíso, Caramanta, Betania, Andes, Pueblorrico, Concordia, Támesis, San Jerónimo, etc.

En la cordillera Occidental se encuentran los *andisoles*, en Ciudad Bolívar (sector de La Mansa), Urrao, Caicedo, Frontino (vereda La Herradura), Abriaquí; en estos casos las cenizas pueden provenir de volcanes de la cordillera Occidental, como lo es el páramo de Frontino.

4.2 Andisoles de clima templado

Los *andisoles* alcanzan en estos climas una extensión total de 449.238,398 ha, de las cuales 272.105,3985 (el 60,57%) son propiamente *andisoles* y los subgrupos *andic* (*Andic Dystrudepts*, *Aquandic Dystrudepts*) están en 177.132,995 ha (34,43%), según el IGAC (2007).

Tabla 3.
Características principales de las unidades climáticas.

Unidad climática	ETP/P	IA	PPM	TMM	ETP	EHTA	DHTA
Cálido seco	1,65 a 1,03	4 a 985	980 y 2068	22,8 a 28,1	1116 a 201	0 y 484	0 y 500
Cálido húmedo	0,97 a 0,52	1 a 1000	1600 y 3600	22,8 a 28,5	1100 a 2150	160 y 1800	0 y 500
Cálido muy húmedo	0,50 a 0,27	23 a 1000	2370 y 5475	22,7 a 27,9	1110 a 1980	1200 y 3670	0 y 260
Templado seco	*	*	*	*	*	*	*
Templado Húmedo	0,66 a 0,52	1390 a 1575	1406 y 1953	20,3 a 21,8	924 a 1022	500 y 930	0 y 120
Templado muy húmedo	0,50 a 0,26	1060 a 1950	1840 y 4060	17,3 a 21,7	781 a 1103	980 y 2960	0 y 4
Templado pluvial	0,25 a 0,17	1038 a 1900	3340 y 4960	17,9 a 22,6	807 a 1089	2534 y 4053	0 y 36,7
Frío húmedo	0,50 a 0,26	2000 a 3000	1500 y 2000	*	*	*	*
Frío muy húmedo	0,49 a 0,26	2005 a 2830	1562 y 2680	13 a 18,4	660 a 825	800 y 1990	0,0
Frío pluvial	0,25 a 0,21	2055 a 2250	3082 y 3368	14,8 a 17,2	700 a 775	2300 y 2670	0,0
Páramo húmedo, muy húmedo y pluvial	*	*	*	*	*	*	*

Convenciones: IA: intervalo altitudinal (msnm); PPM: precipitación promedio multianual (mm); TMM: temperatura media multianual (°C); ETP: evapotranspiración potencial (mm); EHTA: excesos de humedad total anual (mm); DHTA: déficit de humedad total anual (mm); * : sin registros. (Fuente: IGAC, 2007).



Las cenizas volcánicas recubren depósitos aluviales y gravitacionales (coluvios heterométricos) en la unidad que mismo el estudio denominó valles aluviales, como ocurre en Urrao, vereda Guapantal.

Los *andisoles* se encuentran además en un relieve con disección profunda que no constituye un relieve de montañas, aunque con apariencia de ellas; el paisaje es de fuertemente quebrado a moderadamente escarpado, con pendientes hasta del 75%, por lo cual obviamente se presentan mayores espesores de cenizas y *andisoles* más espesos en los resaltos de la vertiente, en las concavidades y demás depresiones del relieve.

Los suelos se clasifican en el suborden *udand*, debido al régimen údico de humedad del suelo (permanecen con humedad disponible para las plantas al menos 270 días acumulativos en el año), un efecto de los climas húmedos. Los grandes grupos pertenecen a *fulvudands*, *hapludands* y *melanudands*.

En general presentan condiciones físico-químicas similares a los *andisoles* presentes en la zona fría, con un poco menos de contenido de materia orgánica (12,5%), si bien algunos suelos muestran unos contenidos importantes de la misma (cerca de 25%).

Se encuentran *andisoles* en sectores de la cordillera Central, en los flancos del valle de Aburrá, presentes en depósitos gravitacionales, en los municipios de Medellín, Bello, Envigado, Itagüí, Sabaneta y al occidente del municipio de El Retiro. En el suroriente del departamento en los municipios de Nariño (1.640 msnm), Argelia (1.550 msnm) y Sonsón (1.790 msnm). En el suroeste en Amagá (1.700 msnm), Fredonia (corregimiento La Mina, 1.780 msnm), Jericó (1.800msnm y 1.780 msnm), Titiribí (Otra Mina, 1.510 msnm; vereda Corcovado, 1840 msnm, y vereda Los Micos); en sectores localizados de los municipios de Betania (2.150 msnm), Jardín (1610 msnm), Concordia (vereda Pueblo Rico, 1.870 msnm; vereda La Manguita, 1.780 msnm), Ciudad Bolívar (1.700 msnm), Betulia (vereda La Raya, 1.960 msnm), Pueblorrico (vereda El Cedrón, 1.700 msnm), Támesis (cerca de los 1.200 msnm), en Caldas (sector de Salinas, 1.700 msnm). En el occidente, en Santa Fe de Antioquia (cerca de caserío El Balso, vía a Urabá, 1.800 msnm), en sectores de Sopetrán (vía a Horizontes, 1.500 msnm).

5. Los Entisoles

Los *entisoles* son los suelos de evolución más incipiente, bien porque no ha transcurrido un tiempo importante de formación, es decir, se trata de materiales parentales muy actuales, o bien porque las

Tabla 4.
Extensión de las diferentes unidades climáticas

Unidad climática	Extensión (km ²)	Porcentaje
Cálido seco	96,4	0,1
Cálido húmedo	19.362,6	30,7
Cálido muy húmedo	16.929,9	26,8
Templado seco	96,4	0,1
Templado húmedo	3.703,0	5,9
Templado muy húmedo	9.953,0	15,8
Templado pluvial	1.661,7	2,6
Frío húmedo	1.696,1	2,7
Frío muy húmedo	8.002,3	12,7
Frío pluvial	908,8	1,4
Páramo húmedo, muy húmedo y pluvial	375,2	0,6

condiciones del medio son demasiado drásticas y no permiten la evolución del suelo, ya sea por temperaturas extremadamente bajas o por falta de agua para los procesos pedogenéticos o por las condiciones hidromórficas del medio o por la intensidad de procesos de denudación o sedimentación o por la naturaleza de los materiales parentales que no facilitan el proceso pedogénico. En general, su perfil es A/C; sin embargo, el horizonte superficial (epipedón) no es mólico.

La presencia de *entisoles* en el departamento de Antioquia está asociada con varios factores:

- Los procesos de denudación activos, en los relieves con disección profunda, en las colinas y altiplanos, procesos que incluyen los movimientos en masa y la erosión por escorrentía; la denudación se ha incrementado por los cambios en la cobertura vegetal original, el uso inadecuado de las tierras en agricultura, el sobrepastoreo de ganado vacuno y la construcción de las obras civiles (vías). Los *entisoles* asociados con estos procesos se clasifican en el suborden de los *orthents* (figura 5). El material parental del cual se forman les imprime características muy importantes, al punto que en algunos casos y de manera inapropiada, las cartografías geológicas y pedológicas (de suelos) son similares. La inclinación de las vertientes en general supera el 50% y los suelos presentan pedregosidad superficial o en el interior del perfil o en ambas situaciones, dado que en algunos casos el horizonte órgano-mineral (A) se forma sobre los saprolitos y horizontes de transición a roca, de los perfiles de meteorización de los materiales parentales, en tanto que en otros casos simplemente están recubiertos por depósitos gravitacionales pequeños y delgados; en algunos casos, los suelos llegan a ser muy superficiales, efecto del relieve y la denudación; incluso la profundidad efectiva de enraizamiento (por cercanía a roca dura) puede llegar a ser muy limitante de su utilización y afectar aún más la productividad vegetal.

Figura 4.

Andisol en el municipio de La Unión. (foto: L.H. González)





- La sedimentación activa en las llanuras aluviales, específicamente en las partes inundables, lo cual genera que el suelo formado pueda ser sepultado por nuevos sedimentos y así sucesivamente, lo cual retarda su evolución; además, pueden presentar variaciones granulométricas y una disminución irregular en la profundidad del contenido de carbono orgánico. Estos suelos constituyen el suborden *fluvents*. Presentan como limitaciones de utilización de procesos de inundación esporádicos, los encharcamientos, los cuales pueden afectar la diversidad biológica; en algunos casos la granulometría gruesa (gravas y rocas) limita la mecanización y en otros ello ocurre a causa de la condición de drenaje pobre y las fluctuaciones del nivel freático.
- Las condiciones hidromórficas que no facilitan el progreso de la evolución pedogenética y generan en los suelos condiciones ácuicas y rasgos redoximórficos, los cuales están asociados al suborden de los *aquents*, los cuales presentan condiciones hidromórficas que bien pueden limitar la diversidad de especies vegetales, además de disminuir la productividad de los cultivos.
- Materiales recientes, de granulometría gruesa (arenosos), los cuales no facilitan el proceso de pedogénesis y forman el suborden *psamment*, en los cuales el desarrollo de la estructura pedogénica es limitada, con un menor contenido de materia orgánica y, por ende, su capacidad de retención de agua es menor y en los períodos de verano llegan a presentar déficit de agua para los cultivos; además, son susceptibles a la erosión superficial, debido al poco desarrollo de estructura, lo cual representa unas condiciones más inadecuadas para la productividad vegetal.

Los *entisoles* del departamento predominan en climas húmedos y muy húmedos y en estos climas en general son de una fertilidad natural baja, con reacción ácida e incluso fuertemente ácida (pH por debajo de 5,5), capacidad catiónica de cambio de baja a muy baja, contenidos y saturación de bases baja (inferior al 50%), alta saturación de Al y en algunos con niveles de toxicidad (más del 60% de saturación de Al), bajos niveles de materia orgánica y bajo contenido de P.

Estos suelos se utilizan, en general, y con un nivel de intensidad y de tecnología bajos en pastos, para ganadería no especializada, en la que se presenta sobrepastoreo y sus problemas de erosión asociados, en pequeños cultivos de “pancoger”, bosques de producción comercial, bosques de vegetación natural protectora y rastrojos. Además, en el clima templado se utilizan para el cultivo del café y diversos frutales y en el clima cálido en cultivos de caña para la producción de panela, frutales y pastos.

Los *entisoles*, en climas con condiciones de humedad más secas, se encuentran tanto en relieves desnudados (relieves de disección profunda y colinas) como en relieves de acumulación presentes en ellos (valles aluviales estrechos). En los primeros, el nivel de fertilidad es moderado, la reacción ligeramente alcalina, la capacidad de intercambio catiónico alta, las bases totales de medias a altas y el contenido de P bajo. En las pequeñas llanuras aluviales confinadas (vallecitos), presentes en relieves con disección profunda y en las colinas, los suelos presentan una fertilidad natural alta, la reacción es de ligeramente ácida a neutra, la capacidad de intercambio catiónico alta, las bases totales de medias a altas, con saturación de bases alta, carbono orgánico de alto a moderado y bajos contenidos de P. Sin embargo, los suelos de los sectores más húmedos presentan una mayor lixiviación de bases y un nivel de fertilidad natural más bajo.

El total de *entisoles* que reporta el IGAC (2007) es de 575.209,61 ha, de las cuales 482.047,97 (el 83,80%) están en clima cálido, 39.561,56 (el 6,88%) en clima templado y 53.600,08 (el 9,32%) en clima frío.

5.1 Entisoles de clima frío

Los *entisoles* están presentes en climas fríos húmedos y muy húmedos en zonas de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) y en el clima muy frío



o paramuno, que corresponde a las zonas de vida de bosque pluvial montano bajo (bp-MB y bosque pluvial montano (bp-M).

En estos climas, estos suelos se presentan en los relieves con disección profunda (con apariencia de montañas) y en los altiplanos; en los primeros predominan los *udorthents* mientras que en los altiplanos los *entisoles* se encuentran en las superficies aluviales y en las concavidades de primer orden y los suelos presentes son los *udifluvents*.

Los *entisoles* alcanzan en el clima frío una extensión total de 53.600,08 hectáreas, de las cuales los *orthents* alcanzan 47.330,08 hectáreas (el 88,30%) y los *fluvents* 6.270 hectáreas (el 11,70%), de acuerdo con los estimativos realizados a partir del estudio de suelos del IGAC (2007); (tabla 5). Los grandes grupos son los *udorthents* y los *udifluvents*, hecho que refleja el régimen de humedad údico del suelo, asociado con los climas húmedo y muy húmedo en los que estos suelos han evolucionado. Los suelos son de una fertilidad natural baja, pueden presentar limitaciones que afectan la utilización potencial de ellos: pendientes fuertes, erosión actual o potencial, bien por escorrentía superficial o por movimientos de masa, profundidad efectiva superficial, pedregosidad en superficie o en el perfil o en ambos e inundaciones ocasionales.

5.2 Entisoles en clima templado de húmedo a muy húmedo

Los *entisoles* alcanzan en climas templados entre húmedos y muy húmedos, en zonas de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), una extensión total de 39.561,56 ha, de las cuales 16.743,14 (el 42,32%) son *udorthents*, 12.996,54 (el 32,85%) corresponden a *udifluvents* y 9.821,88 (el 24,83%) corresponden a *aquents* (tabla 6).

Los *entisoles* están presentes en depósitos aluviales y gravitacionales (coluvios heterométricos), en los valles aluviales confinados o estrechos, la unidad que el IGAC (2007) denominó valles aluviales, paisajes en los cuales predominan los *udorthents*.

Estos suelos también se encuentran en el relieve con disección profunda, que no constituyen un relieve de montañas (Arias, 2011); en estos suelos el paisaje es de fuertemente quebrado a moderadamente escarpado, con pendientes hasta del 75%; en los resaltos de la vertiente, en las concavidades y demás depresiones del relieve se presentan mayores espesores de los suelos.

5.3 Entisoles de climas cálidos de húmedo hasta muy húmedo

Los *entisoles* están presentes en climas cálidos húmedos, en zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), bosque muy húmedo tropical (bmh-T), en la transición de bosque húmedo tropical (bmh-T) a premontano (bmh-P) y en la zona de vida de bosque pluvial tropical (bp-T).

Los *entisoles* en relieves con disección profunda y en este clima ocupan una extensión de 217.965,44 ha (tabla 7); en su totalidad corresponden a *udorthents*, de las cuales 141.946,1 (el 65,12%) se encuentran en las zonas húmedas, 22.078,95 (el 10,13%) se encuentran en la zona de húmeda a muy húmeda y 53.940,38 (el 24,75%) en la zona muy húmeda. Estos suelos presentan una fertilidad natural baja y en algunos casos con pedregosidad superficial o en el perfil o en ambos.

En el clima cálido húmedo estos suelos están ubicados en:

- Las colinas del Urabá antioqueño, derivados de rocas sedimentarias (arcillolitas, areniscas y calizas).
- Altiplanos (con relieve de colinas) del nordeste (Gómez Plata, Yolombó, Yalí y Vegachí) y suroriente de Antioquia (San Carlos y San Rafael).



- Depósitos gravitacionales de diferente índole y en diferentes partes del departamento: suroeste (Concordia, Hispania y Salgar), en el oriente y el suroriente (San Luis, Cocorná y Sonsón); estos suelos pueden presentar, debido a su origen pedregosidad en el perfil, en la superficie o en ambos.

En el clima cálido muy húmedo estos suelos están ubicados en:

- Las colinas del Urabá antioqueño, sector de Mutatá, Dabeiba, Murindó y Vigía del Fuerte, como derivados de rocas ígneas graníticas.

En el clima cálido de húmedo a muy húmedo en:

- Colinas del nordeste: Caracolí, Anorí, Amalfi, Segovia, Remedios, Vegachí, Yalí y Yolombó, derivados de *neiss* feldespáticos-alumínicos.

Los *entisoles* en el piedemonte están presentes en climas cálidos muy húmedos, localizados en el piedemonte de la cordillera Occidental y de la serranía de Abibe, en abanicos aluvio-torrenciales, abanico-terrazas, glacis subrecientes y terrazas, en los municipios de Chigorodó, Mutatá, Murindó, Vigía del Fuerte, Dabeiba, Frontino y Urrao, formados a partir de aluviones recientes, mixtos (aluviales y coluviales gruesos). Los suelos son *typic udorthents*, ocupan una extensión de 35.977,33 ha, son entre superficiales y moderadamente profundos, limitados por capas de gravas y gravillas, con drenaje natural moderado a imperfecto, texturas moderadamente gruesas con substrato arenoso, cantidades limitadas de cascajo y piedra y de fertilidad natural baja.

Los *entisoles* en las colinas o lomeríos (en la denominación del IGAC, 2007), en clima cálido húmedo, están en los valles aluviales estrechos de estos relieves, formados por algunos afluentes de los ríos Magdalena y Cauca. El clima es cálido húmedo; corresponde a las zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) y a la transición de bosque muy húmedo premontano (bmh-P). Ocupan una extensión de 21.264,9 ha, de las cuales 14.176,6 (el 66,67%) corresponden a *udorthents* (subgrupo *typic*) y 7.088,3 hectáreas (33,33%) corresponden a *udifluvent* (subgrupo *typic*). Se localiza en las subregiones del Magdalena Medio en jurisdicción de los municipios de Puerto Triunfo, Puerto Nare, Puerto Berrío, Yondó, Maceo y Caracolí; en la subregión del nordeste en los municipios de Segovia, Remedios, Vegachí y Yalí, y en la subregión del Bajo Cauca en los municipios de Cáceres, Caucasia, Nechí, El Bagre y Zaragoza y en la subregión del oriente antioqueño en los municipios de San Carlos, San Luis, San Francisco y Sonsón, en altitudes de 70 y 150 y entre 900 y 1.100 (msnm) aproximadamente. Los *ustorthents* ocupan la posición de bancos (diques) y barras de cauce, se derivan de aluviones gruesos, muy superficiales, limitados por cantos redondeados de diferente tamaño y son suelos de fertilidad natural baja.

Los *udifluvents* están localizados en las partes más bajas de las llanuras, en los *basines* o partes más bajas de los vallecitos; pueden sufrir inundaciones de corta duración y presentan una fertilidad natural baja.

En la planicie pantano-lacustre, y en el clima cálido muy húmedo, se presentan los subgrupos *aquents* (*endoaquepts* y *fluvaquents*) y *udifluvents*; ambos suelos reflejan las condiciones del entorno: drenaje pobre y adiciones frecuentes de sedimentos por los cursos de agua, ambas situaciones asociadas a la dinámica propia de la llanura aluvial del río Atrato, en donde están ubicados estos suelos; dicha llanura se encuentra en jurisdicción de Murindó, Vigía del Fuerte, Turbo, Apartadó y Carepa, en la zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T). Los suelos son superficiales, limitados por niveles freáticos fluctuantes, con una condición de drenaje del suelo de pobre a imperfectamente drenado y afectados por inundaciones periódicas. Conserva su vegetación natural, en la cual se encuentra el cativo (*Prioria copaifera*); algunas zonas se encuentran en pasturas y se desarrollan pequeños cultivos de subsistencia como arroz, plátano y maíz.

En la planicie aluvial, y en el clima cálido húmedo, los suelos se han originado a partir de sedimentos aluviales, aportados por los ríos Cauca, Nechí, Magdalena y sus afluentes; se trata de suelos superfi-

ciales, limitados por el nivel freático fluctuante, de bien a pobremente drenados y con fertilidad de moderada a alta. La extensión total de *entisoles* es 34.474,77 ha y los suelos pertenecen a los *udorthents*, *udifluvents*, *udipsamments* y *fluvaquents*; (tabla 7).

Los *udifluvents* reflejan la condición de adición permanente de sedimentos, propias de estas llanuras aluviales; se encuentran en los complejos de orillares (barras puntuales), imperfectamente drenados, con niveles freáticos relativamente superficiales y de fertilidad moderada.

Los *udipsamments* se ubican en los diques de cauces abandonados, su granulometría es gruesa, suelos profundos, bien drenados, con cambios texturales abruptos y de fertilidad natural moderada, presentan muy poca retención de humedad, son permeables y tienen muy baja capacidad de intercambio catiónico.

Los *udorthents* se ubican en las barras de cauce, suelos que presentan un nivel freático superficial; su condición de drenaje es imperfecta, se trata de subgrupos *aquic*, presentan fragmentos de roca y se inundan periódicamente.

En el valle aluvial, en el clima cálido húmedo se presentan *udifluvents* y en cálido muy húmedo los *udorthents* ocupan un total de 28.939,32 ha; (tabla 7). Los *udifluvents* se localizan en los municipios de San Pedro, Necoclí y Turbo, en los valles aluviales de los ríos Mulatos, San Juan, Caimán, Bobal y algunos afluentes del río León. Además, se encuentran en valles formados principalmente por los ríos San Bartolomé, Nare, Malena, Cocorná, La Miel y otros afluentes menores del río Magdalena. Se ubican en los planos de inundación (cubetas de decantación, diques o albardones, barras de cauce y meandros abandonados) y algunos niveles de terrazas bajas. El relieve es plano, la condición de drenaje es de moderada a imperfectamente drenado, con encharcamientos frecuentes y fertilidad de moderada a alta.

Figura 5.

Entisol, orthents. En la base el horizonte R. Municipio de Sabanalarga. (foto: L.H. González).





Los *udorthents* se localizan en los municipios de Apartadó, Carepa, Chigorodó, Mutatá, Murindó y Vigía del Fuerte, en la subregión de Urabá, y los municipios de Dabeiba, Urrao y Frontino en el occidente y el suroeste antioqueños. Se ubican en las vegas medias y altas de los valles aluviales; los suelos son de superficiales a muy superficiales, imperfectamente drenados, con capas superficiales de gravilla, grava y arena gruesa, son susceptibles a las inundaciones y la fertilidad es de alta a moderada.

5.4 Entisoles de clima cálido de seco a húmedo

Los *entisoles* están presentes en climas cálidos de húmedos a secos, a altitudes entre 200 y 1.100 msnm, temperaturas mayores a 24°C, y precipitaciones anuales de 2.000 a 2.500 mm, en zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque seco tropical (bs-T).

Los *entisoles* alcanzan en este clima, y en relieves con disección profunda, una extensión total de 45.204,534 ha, de las cuales 25.424,34 (el 56,24%) corresponden a *ustorthent*, 14.128,71 a *udorthents* (el 31,26%) y 2.825,74 (el 6,25%) a *ustipsamments* e igualmente 2.825,74 (el 6,25%) a misceláneo de playas (playas de arena); (tabla 8).

Los *usthorthents* se han formado en un clima cálido de húmedo a seco, en dos ambientes geomorfológicos diferentes: uno denudativo y otro de acumulación, este último asociado con valles aluviales estrechos y confinados, con influencia coluvial y aluvial. Los *usthorthents* presentes en el ambiente denudativo (8.469,89 ha), en el sector de Cañasgordas, Uramita y Dabeiba; se han desarrollado en vertientes de inclinación importante (más de 25%), en los que los procesos erosivos son muy activos, derivados de rocas sedimentarias (lutitas, calizas y *chert* calcáreo), presentan pedregosidad superficial, en el perfil o en ambos, la roca dura y fresca está relativamente superficial (a menos de 50 cm) y los suelos son *lithic usthorthents*. El nivel de fertilidad es moderado, los limitantes de uso en actividades agropecuarias y forestales intensivas están asociadas con el clima seco, la profundidad efectiva muy

Tabla 5.
Extensión (ha) de entisoles en el clima frío. Fuente: IGAC (2007)

Clima frío	Relieve	
	Relieve de disección profunda	Altiplanos
Húmedo	<i>Udorthents</i>	
	44.826,10	
De húmedo a muy húmedo	2.503,98	
	<i>Udifluvents</i>	
		6.270,00

Tabla 6.
Extensión (ha) de *entisoles* en el clima templado. Fuente: IGAC (2007).

Clima frío	Relieve	
	Relieve de disección profunda	Valles aluviales
Muy Húmedo	<i>Udorthents</i>	
		2.051,97
	<i>Udifluvents</i>	
		4.322,43
	<i>Endoaquents</i>	
		2.593,46
De húmedo a muy húmedo	<i>Udorthents</i>	
	1.4691,18	
	<i>Udifluvents</i>	
	8.674,11	
	<i>Endoaquents</i>	
	7.228,43	



superficial (inferior a 50 cm), limitada por roca, la pedregosidad es alta en superficie y en el perfil, el relieve es moderadamente quebrado y se presenta susceptibilidad a la erosión.

Los *ustorthents* presentes en el ambiente de acumulación (16.954,45 ha) se encuentran en pequeñas llanuras aluviales confinadas (vallecitos), presentes en relieves con disección profunda, planos, con pendientes menores del 12%, son superficiales, limitados por presencia de gravilla, cascajo o piedras y la fertilidad natural es alta. Las limitaciones principales para el uso de estos suelos son la poca profundidad efectiva, la retención de humedad muy baja, las inundaciones periódicas en los sectores más bajos de las llanuras y el clima seco.

Los *udorthents* (14.128,71 ha) están ubicados en valles aluviales estrechos y confinados, con influencia coluvial y aluvial, situados en un clima más húmedo que los anteriores (presentes en los ambientes de denudación y de acumulación), lo cual confiere a estos suelos una mayor lixiviación de bases y fertilidad baja. Como principales limitaciones para el uso de estos suelos se encuentran la poca profundidad efectiva, las inundaciones ocasionales y los altos contenidos de Al intercambiable.

Los *ustipsamments* se encuentran en las pequeñas llanuras aluviales confinadas (vallecitos), presentan una granulometría de arenas en el perfil, asociada con la sedimentación de las corrientes de agua, presentan un régimen de humedad ústico (el suelo está seco, sin agua disponible para el crecimiento de las plantas, por 90 días acumulativos o más en el año o húmedo (hasta un máximo de 270 días en el año) y el nivel de fertilidad es moderado.

Los ambientes de acumulación en los que se encuentran tanto los *ustorthents* como los *udorthents* y los *ustipsamments* y el misceláneo de playa, se presentan, de acuerdo con el IGAC (2007), en varios municipios, la mayoría en el área de influencia del río Cauca en su parte alta como Anzá, Cañasgordas, Armenia, Uramita y Dabeiba, en la subregión de occidente, y en el Urabá, en jurisdicción de los municipios de Carepa, Chigorodó y Mutatá; en la subregión del norte en los municipios de Briceño, Ituango y San Andrés de Cuerquia, en la subregión del Bajo Cauca en el municipio de Tarazá, en la subregión del suroeste en casi todos los municipios que bordean sus límites con el río Cauca, como también en las

Tabla 7.
Extensión (ha) de *entisoles* en climas cálidos de húmedos a muy húmedos. Fuente: IGAC (2007).

Clima cálido	Relieve					
	Relieve de disección profunda	Piedemonte	Colinas	Planicie fluvio- lacustre y planicie aluvial	Planicie aluvial	Valles aluviales
Húmedo	<i>Udorthents</i>					
	141.946,10		14.176,60		2.956,073	
	<i>Udifluvents</i>					
			7.088,30		16.458,37	13.029,99
	<i>Udipsamments</i>					
					8.335,20	
	<i>Fluvaquents</i>					
Húmedo a muy húmedo					6.725,13	
	<i>Udorthents</i>					
Muy húmedo	22.078,95					
	<i>Udorthents</i>					
	53.940,38	35.977,33				15.909,33
	<i>Udifluvents</i>					
				4.411,66		
	<i>Fluvaquents</i>					
				4.411,66		
	<i>Endoaquents</i>					
				18.165,78		



subregiones de oriente y nordeste en los municipios de San Rafael, San Carlos, San Roque, Yolombó y Gómez Plata.

Los *entisoles* alcanzan en el relieve de colinas y, en este clima, una extensión total de 14.831,47 ha, de las cuales 11.994,77 (el 80,88%) corresponden a *typic udorthents* y 2.836,70 (el 19,12%) a *aquic udifluvents*; (tabla 8).

Los *udorthents*, ubicados en las colinas del norte de Urabá, en los municipios de Arboletes, San Pedro y San Juan de Urabá, Necoclí y Turbo, se han originado de rocas sedimentarias (arcillositas y areniscas). Se localizan en las partes medias y altas de las colinas, en relieve fuertemente quebrado, con pendientes de 25 a 50%, moderadamente profundos, limitados por roca arenisca, bien drenados, y de texturas de medias a moderadamente finas; son suelos de fertilidad natural alta, limitados en su utilización por la susceptibilidad a la erosión, el relieve fuertemente quebrado y la presencia de fragmentos de rocas en el perfil, en la superficie o en ambos.

Los *udifluvents* se encuentran en los vallecitos coluvio-aluviales que forman una intrincada red de drenajes que vierten sus aguas a los ríos San Juan, Mulatos y Apartadó, en los municipios de de Arboletes, San Juan y San Pedro de Urabá, Necoclí, Turbo y Apartadó. Presentan un relieve de plano a ligeramente inclinado, y pendientes que no superan el 3%. Los suelos son de fertilidad moderada, de pobres a imperfectamente drenados, entre superficiales y moderadamente profundos, limitados por la fluctuación de nivel freático, la susceptibilidad a las inundaciones y los encharcamientos.

En la planicie marina y fluvio marina, y en clima cálido de seco a húmedo, las formas menores de relieve presente son playas, cordones litorales y barras de playa, recientes y antiguas; están situadas en el golfo de Urabá y en el mar Caribe, en esta condición de materiales gruesos se forman los *ustipsamments*, *udipsamments* y, cuando la condición de drenaje es pobre, los *psammaquents*. Estos suelos son superficiales, de bien a pobremente drenados, sin desarrollo de estructura pedogénica y de fertilidad natural muy baja. Los *udipsamments* se encuentran al sur de Necoclí, bordeando el golfo de Urabá, en unas condiciones de mayor precipitación y en un régimen údico de humedad del suelo.

5.5 Los Entisoles en clima cálido seco

Este clima corresponde a la zona de vida de bosque entre seco tropical (bs-T) y bosque seco tropical (bs-T), precipitaciones entre 1000 y 2000 mm/año, con un régimen ústico de humedad del suelo.

En los relieves con disección profunda, estos suelos se localizan en sectores ribereños del río Cauca, en los municipios de Peque, Sabanalarga, Buriticá, Liborina, Santa Fe de Antioquia, Sopetrán, Olaya, San Jerónimo, Anzá, Ebéjico, Concordia, Titiribí, Salgar, Tarso, Betulia, Santa Bárbara, Valparaíso y Caramanta. Los *entisoles* alcanzan en este clima una extensión total de 43.417,75 ha, las cuales pertenecen al gran grupo de los *ustorthents*, subgrupos *lithic* (73,67%) y *typic* (26,33%); (tabla 8). Los suelos se han formado a partir de rocas sedimentarias (areniscas, arcillas pizarrosas y calcáreas, arcillositas y conglomerados), metamórficas (esquistos) y rocas ígneas (diabasas, basaltos, andesitas y dioritas). La fertilidad natural es moderada y otras limitaciones para el uso de estos suelos son las altas pendientes que contribuyen a los procesos erosivos y la poca profundidad efectiva, especialmente en los subgrupos *lithic*.

Los relieves asociados a la acumulación aluvial y gravitacional son depósitos considerados por el IGAC (2007) como parte del piedemonte; sin embargo, y según lo planteado previamente, se considera que éstos sólo constituyen parte de un relleno de sedimentos en un cañón sometido a ampliación lateral, es decir, a denudación. En estos relieves, los *entisoles* ocupan 3.611,99 ha, de las cuales 2.370,12 corresponden a *ustorthents* (65,62%) y 1.241,87 (34,38%) hectáreas corresponden a *ustifluvents* (tabla 8). Los *ustorthents* están ubicados en vallecitos, en relieve de plano a ligeramente inclinado, con pendientes entre 1 y 7%, formados a partir de depósitos mixtos, aluviales y coluviales, afectados por pedre-



gosidad superficial muy localizada o capas de gravillas o piedras en el perfil. Son suelos de fertilidad de moderada a alta.

Los *ustifluvents* se localizan en las terrazas de relieve, con pendientes menores de 3%, son de fertilidad moderada y otros limitantes del uso son el clima seco, la baja retención de humedad y la susceptibilidad a la erosión.

6. Los Inceptisoles

Los *inceptisoles* presentan un horizonte B, que define un cambio en relación con el horizonte A suprayacente y con el horizonte C subyacente; en esencia, este horizonte B define un cambio en relación con los otros horizontes, bien sea de color o de estructura, por lo cual se le denomina horizonte B cámbico. Puede el horizonte B de los *inceptisoles* acumular iones, en climas relativamente secos, como Ca (CaCO_3), Mg (MgCO_3), Na (NaCl), otras sales solubles (cloruros, sulfatos, bicarbonatos) o bien puede dicho horizonte B sufrir, en climas húmedos, procesos importantes de pérdidas de iones solubles en agua (vía percolación o lixiviación) con el concomitante enriquecimiento de iones no solubles como el Fe y Al (oxi-hidróxidos Fe y Al), proceso que se traduce en suelos de reacción ácida, sin bases o desaturados en éstas (hidróxidos de Ca, Mg, Na y K) o en enriquecimiento en Al^{+3} intercambiable, que puede ser tóxico para el crecimiento de las plantas.

Los *inceptisoles*, a causa de su mayor desarrollo pedogénico que los *entisoles*, están asociados con relieves más estables, con menores tasas de denudación y menores tasas de sedimentación (en llanuras aluviales), o con depósitos o materiales sujetos de una mayor temporalidad (pedogénesis). Sin embargo, se consideran suelos de evolución incipiente, los cuales pueden estar asociados en las vertientes con los *entisoles*, estos últimos en los sectores de mayor denudación o en los de acumulación más activa.

Los *inceptisoles* de los suelos del departamento han sufrido procesos importantes de lixiviación de bases, bien por el clima de húmedo a muy húmedo en que se encuentran, bien por materiales parentales que han sufrido en un relieve estable una meteorización intensa a través del tiempo, este último el caso en los altiplanos. Los *inceptisoles* que han sufrido este proceso de lixiviación importante se encuentran con saturaciones de bases bajas (menos de 60%) y en general se encuentran en un régimen de humedad del suelo údico; estos suelos son los *dystrudepts* (figura 6).

En algunos casos se presenta un aporte muy importante de bases alcalinotérreas, el cual se origina en el aporte continuo de los materiales parentales especiales (rocas sedimentarias calcáreas, lutitas, mármoles, basaltos, esquistos cloróticos o sericiticos o ambos, basaltos, andesitas, gneis feldespático, materiales calcáreos, etc.) o por una condición de relieve específica (pie de vertientes, piedemonte de Urabá, valles aluviales estrechos, o por una condición climática de menor precipitación, de 1.200 a 1.500 mm/año. Los *inceptisoles* con una mayor saturación de bases se clasifican como *eutrudepts*.

Los *dystrudepts* en general presentan una mineralogía de arcillas LAC, capacidad de intercambio catiónico baja, son relativamente fijadores de P, con un nivel bajo de fertilidad química, con reacción de muy fuerte a fuertemente ácida, saturación de Al intercambiable alta e incluso con toxicidad, déficit de P disponible y de bases intercambiables, saturación de bases baja, requieren enmiendas como los carbonatos de Ca y Mg y prácticas especiales de manejo del P.

Los *eutrudepts* son suelos saturados de bases, de fertilidad natural alta, reacción de moderada a ligeramente ácida, capacidad de intercambio catiónico muy alta, bases totales de altas a muy altas, especialmente el Ca y el Mg, con saturación de bases muy alta, mayor del 50%, y el contenido de P es bajo.

En algunos casos, los suelos presentan una condición de humedad ácuica, con rasgos redoximórficos, y los suelos con horizonte B cámbico se clasifican como *aquepts*; se localizan en las partes mal drenadas de las llanuras aluviales (en las cubetas de desborde), en la parte distal de los abanicos, en relieves planos y planos cóncavos, pobremente drenados, y en época de lluvias sufren encharcamientos.



En los climas secos, con precipitaciones cercanas a 1000 mm/año, en la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T) y en las transiciones de ésta al bosque húmedo tropical (bh-T), los suelos presentan un régimen de humedad ústico y los suelos se clasifican como *ustepts*. Los suelos son de fertilidad entre media y alta, reacción de ligeramente ácida a ligeramente alcalina, la capacidad de intercambio catiónico es alta, con bases totales medias, la saturación de bases alta (superior a 60%) y bajo contenido de P.

En los *inceptisoles*, las principales limitaciones para el uso de los suelos son la pedregosidad sectorizada, asociada con el material parental (depósitos aluviales, torrenciales y gravitacionales y la presencia de horizontes de transición a roca en el perfil de meteorización), además de las pendientes fuertes que limitan la mecanización y favorecen la erosión y los movimientos en masa, los niveles de fertilidad bajos en los *dystrodepts*, la condición de drenaje pobre y la susceptibilidad a inundaciones y encharcamientos en los *aquepts*.

El IGAC (2007) reporta un total de *inceptisoles* de 3.537.119,71 ha, de las cuales 2.218.147,72 (el 62,71%) están en clima cálido, 981.405,80 (el 27,75%) en clima templado y 337.566,20 (el 9,54%) en clima frío.

6.1 Inceptisoles de clima frío de húmedo a muy húmedo

Estos suelos en este clima se encuentran tanto en los altiplanos como en el relieve con disección profunda; en este último, el paisaje es entre fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes hasta del 75%. Los altiplanos para este clima corresponden al intermedio, es decir, al de Santa Rosa de Osos-Rionegro.

Están presentes en Antioquia, en climas fríos, en ambientes húmedos y muy húmedos, en zonas de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), y en el clima muy frío o paramuno, que corresponde a las zonas de vida de bosque pluvial montano bajo (bp-MB) y bosque pluvial montano (bp-M).

Los *inceptisoles* alcanzan en este clima y en ambos relieves una extensión total de 337.566,20 ha (tabla 9), de las cuales 334.436,22 (el 99,07%) son *dystrodepts* y 3.129,98 (el 0,93%) *endoaquepts*. En los altiplanos, el IGAC (2007) sólo reporta *dystrodepts*, en una extensión de 110.582,85 ha, es decir, un 32,76% de los *inceptisoles* de este clima.

En las colinas del altiplano de Rionegro, jurisdicción de La Ceja del Tambo, La Unión, Marinilla, El Santuario, Carmen de Viboral, etc., se presentan acumulaciones de ceniza volcánica (*andisoles*), pero cuando éstas no están presentes, por efecto principalmente del relieve, erosión antrópica o localización, los suelos, en general derivados de cuarzodiorita (batolito antioqueño) son *inceptisoles*, poco evolucionados, desaturados de bases (distróficos) y clasificados como *dystrodepts*; estos suelos presentan bajos niveles de fertilidad química y requieren enmiendas como los carbonatos de Ca y Mg; adicionalmente, el relieve escarpado y fuertemente quebrado de estas colinas limita la posibilidad de mecanización y de uso intensivo.

En las colinas del altiplano de Santa Rosa de Osos, modeladas en cuarzodiorita del batolito antioqueño, con historias diversas de erosión natural geológica muy marcada, se presentan suelos muy evolucionados, con recubrimientos de diferentes depósitos, como los de escorrentía y los muy delgados de cenizas volcánicas, etc. Constituyen los suelos más evolucionados y lixiviados del departamento y consisten de *oxisoles* y *ultisoles* (Arias et al., 2000, 2002). Los *ultisoles* presentan horizonte cándico, producto de la disolución de arcillas LAC con el concomitante enriquecimiento de arenas cuarzosas en el techo del horizonte B.

Estos suelos del altiplano de Santa Rosa de Osos fueron cartografiados por el IGAC (1979) y clasificados como *oxic dystropept* y como *inceptisoles* humificados, *andic humitropept*, con ligera influencia



de ceniza volcánica, y por el IGAC (2007) como *dystrudepts*, subgrupos *typyc*, *humic oxic*, *aquandic*, *fluventic* y *aquic*.

Las limitaciones de uso de los suelos de estas colinas están asociadas con los bajos niveles de fertilidad química, la susceptibilidad a la erosión y el relieve escarpado en los flancos de las colinas; en general no deben ser sujetos de agricultura intensiva permanente.

Otros suelos de estas colinas son formados en depósitos de escorrentía cuarcíticos, que se encuentran por encima de la discordancia erosiva superior (Arias et al., 2002), presentes en cimas planas de colinas y en rampas de las colinas; estos suelos cumplen los requisitos de los *spodosoles* y clasifican como *troporthod*.

6.2 Inceptisoles de clima templado de húmedo a muy húmedo

Estos suelos en este clima se encuentran en el relieve con disección profunda y no constituyen un relieve de montañas, aun con apariencia de ellas; el paisaje es de fuertemente quebrado a moderadamente escarpado, con pendientes hasta del 75%; además se encuentran en el relieve de valles aluviales (IGAC, 2007). En los altiplanos de Carolina del Príncipe-Gómez Plata, Yolombó, Amalfi y Anorí, considerados por el IGAC (2007) como paisajes de montañas, también se encuentran estos suelos, pero no están cuantificados en los cálculos presentados en la tabla 10.

Este clima templado, en ambientes de húmedos a muy húmedos y en zonas de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), los *inceptisoles* alcanzan una extensión total de 981.405,8 ha, de las cuales 798.036,16 (el 81,32%) son *dystrudepts*, 174.844,44 (el 17,81%) *eutrudepts* y 8.525,20 (el 0,87%) *endoaquepts*.

Los *dystrudepts* son suelos que se presentan en los relieves de disección profunda en virtud del clima húmedo que propicia una lixiviación importante en los materiales parentales.

Los *eutrudepts* se ubican en las partes bajas de las vertientes, en las zonas de menor inclinación, asociados con los depósitos gravitacionales; en los valles aluviales; cuando el suelo se deriva de materiales

Tabla 8.

Extensión (ha.) de *entisoles* en el clima cálido de seco a húmedo y seco. Fuente: IGAC (2007).

Clima cálido	Relieve					
	Relieve de disección profunda	Piedemonte	Colinas	Planicie marina y fluvio-marina	Planicie aluvial	Valles aluviales
De seco a húmedo	<i>Ustorthents</i>					
	25.424,34					
	<i>Udorthents</i>					
	14.128,71		11.994,77			
	<i>Ustipsamments</i>					
	2.825,742			5.155,52		
	<i>Udifluvents</i>					
			2.836,704			
	<i>Psammaquents</i>					
				1.718,51		
Seco	<i>Fluvaquents</i>					
				5.323,07		
	<i>Ustorthents</i>					
	43.417,75	2.370,1185				
	<i>Ustifluvents</i>					
		1.241,876				



parentales que presentan una oferta importante de bases, especialmente de Ca y Mg (esquistos cloríticos o sericiticos, basaltos, andesitas, gneis feldespático, materiales calcáreos, etc.) o en los sectores de menor precipitación (de 1200 a 1500 mm/año), son suelos de fertilidad natural alta.

6.3 Inceptisoles de clima cálido de húmedo hasta muy húmedo

En estos climas, los *inceptisoles* se encuentran en relieves con disección profunda, en el piedemonte, en los relieves de colinas o de lomerío, en la planicie fluvio-lacustre, en la planicie aluvial y en los valles aluviales; (tabla 11).

En relieves con disección profunda, los *inceptisoles* están presentes en climas cálidos húmedos y hasta muy húmedos, en zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y en la transición bosque muy húmedo tropical (bmh-T) a premontano (bmh-PM) y en la zona de vida de bosque pluvial tropical (bp-T), su extensión se reporta en la tabla No 11.

En el clima húmedo ocupan una extensión de 303.818,9 ha, de las cuales los *dystrodepts* ocupan una extensión de 156.913,41 ha (el 51,65%) y los *eutrodepts* 146.905,45 ha (el 48,35 %).

En el clima cálido húmedo a muy húmedo se encuentran 525.644,81 ha, los cuales en su totalidad pertenecen a los *dystrodepts*, subgrupos *typic*, *lithic* y *oxic*.

En el clima cálido muy húmedo hay 151.033,06 ha; todos los suelos pertenecientes a *dystrodepts*.

Los *dystrodepts* localizados en los relieves de disección profunda son de fertilidad natural muy baja, aunque en Urabá, por efecto de los materiales parentales ricos en bases, son de fertilidad moderada; susceptibles a la erosión y a los movimientos en masa, no indicados para agricultura intensiva por efectos de la inclinación del terreno, susceptibilidad a la erosión y el nivel de fertilidad natural. Su distribución en las diferentes regiones climáticas y en los relieves de disección profunda se considera a continuación:



Figura 6.
Inceptisol, dystrodepts, municipio de
Yolombó.
(foto: L.H. González)



En el clima cálido húmedo, en zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T):

- En Urabá los *dystrodepts* se localizan en colinas que hacen parte del relieve con disección profunda, en la parte media de las vertientes, en relieve fuertemente quebrado, pendientes de 25 a 50%; se han derivado de rocas sedimentarias (arcillositas y areniscas) y pizarras arcillosas; susceptibles a la erosión y con pedregosidad superficial y en el perfil.
- En el nordeste del departamento (Gómez Plata, Yolombó, Yalí y Vegachí), en relieves con disección profunda de moderada a alta, correspondientes a altiplanos colinados. Formados sobre diferentes depósitos gravitacionales y flujos de lodos, derivados de rocas ígneas (cuarzodioritas y granitos) en un tipo de relieve que el IGAC (2007) denomina glacis coluvial y coluvios de remoción. El relieve es moderado y fuertemente ondulado, con pendientes mayores del 7%.
- En el suroeste (Concordia, Hispania y Salgar), estos suelos se derivan de depósitos gravitacionales, formados principalmente por basaltos y otros materiales de la formación Combia y pueden presentar pedregosidad en el perfil, en superficie o en ambos.
- En el oriente (San Luis y Cocorná) y en el suroriente de Antioquia (San Carlos, San Rafael, Sonsón y Nariño), los *dystrodepts* se derivan de depósitos gravitacionales, compuestos por rocas ígneas (cuarzodioritas y granito), con mantos superficiales de materiales finos, provenientes del retrabajamiento del perfil de alteración de estas rocas. En los límites con el departamento de Caldas se derivan de rocas metamórficas. Pueden presentar pedregosidad en el perfil y en la superficie.
- En el occidente en los municipios de Ebéjico, Sabanalarga y Buriticá, derivados de diferentes rocas.

En el clima cálido de húmedo a muy húmedo, en zonas de vida de bosque húmedo Tropical (bh-T) y bosque muy húmedo tropical (bmh-T):

- En límites de las subregiones del norte, el Bajo Cauca y el nordeste, en los municipios de Anorí, Amalfi, Remedios, Segovia, Zaragoza, Yalí y El Bagre, asociados con los altiplanos, en relieves con disección profunda. Los *dystrodepts* se forman a partir de rocas metamórficas de diferentes clases: neis (aluminicos, feldespáticos, micáceos o tonalíticos), esquistos y migmatitas, con inclusiones de calizas, mármoles y cuarcitas.
- En la región del Bajo Cauca, en jurisdicción de Valdivia (Puerto Valdivia), Tarazá y Cáceres y al oriente de El Bagre) y en relieve con disección profunda, los *dystrodepts* se derivan de cuarzodioritas, rocas metamórficas (neis tonalítico cataclástico).
- En la subregión del Magdalena Medio, los *dystrodepts* se presentan en los municipios de Maceo, Caracolí, Puerto Berrio, Puerto Nare y Puerto Triunfo, en relieves de colinas con disección profunda, algunos asociados con piedemontes disectados y a altiplanos; se derivan de rocas metamórficas (esquistos y neis) y algunos de rocas sedimentarias.
- En la subregión del oriente, en jurisdicción de los municipios de San Carlos, San Luis, San Francisco, Sonsón y Cocorná. Estos suelos se derivan de *shale* negro con arenisca y conglomerado, con intrusiones de material calcáreo.

En el clima cálido muy húmedo y en zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T), los *dystrodepts* se localizan en los límites entre las regiones de Urabá, el occidente y el suroeste, en jurisdicción de los municipios de Mutatá, Dabeiba, Murindó, Vigía del Fuerte y Urrao y se derivan de rocas ígneas (basaltos, dioritas y andesitas).



Otros suelos presentes en los relieves de disección profunda y en climas cálidos húmedos son los *eutrudepts*; si bien este ambiente húmedo no favorece la formación de estos suelos, el efecto del material parental con altos contenidos de bases (calizas y pizarras arcillosas) define su presencia. Están ubicados exclusivamente en las colinas del Urabá antioqueño; su relieve es de fuertemente quebrado a escarpado, susceptible a la erosión, presentan pedregosidad en el perfil y son suelos de fertilidad entre moderada y muy alta.

En los relieves de piedemonte y en el clima húmedo, los *inceptisoles* se encuentran ubicados al pie de la cordillera Occidental y de la serranía de Abibe, en jurisdicción de los municipios de Apartadó, Turbo y Carepa, en una extensión de 16.069 ha, de las cuales los *eutrudepts* corresponden a 9.641,4 (el 60,00%) y las restantes 6.428,2 (el 40,00%) corresponde a *endoaquepts*.

Los *eutrudepts* están ubicados en abanicos aluviales recientes y subactuales, con relieve ligeramente inclinado y poco disectado y con pendientes de 0 a 3%. Estos suelos se presentan en estos climas y relieves en virtud de los altos contenidos de bases en los aluviones, la ubicación de los abanicos en el relieve (parte baja del paisaje, en límites con la llanura aluvial del río León) y la condición de drenaje asociada a niveles freáticos superficiales, que no favorecen una lixiviación importante de los iones. Estos suelos están dedicados a cultivos de banano y a ganadería; los cultivos se desarrollan en forma intensiva y en algunos casos por efecto de este uso se presentan efectos negativos en la fertilidad de los suelos (acidificación y compactación).

Los *endoquepts* de este clima húmedo se localizan en las cubetas de desborde, en relieve plano y plano cóncavo, con pendiente de 0 a 1%, derivados de sedimentos finos, suelos superficiales y pobremente drenados; en época de lluvias sufren encharcamientos y en el verano se agrietan. Son suelos de fertilidad natural alta pero con limitaciones en la condición de drenaje.

En los relieves de piedemonte en el clima cálido muy húmedo, los *inceptisoles* alcanzan 86.663,57 ha, de las cuales 43.396,22 corresponden a *eutrudepts* (el 50,07%), 39.793,88 corresponden a *dystrudepts* (el 45,92%) y 34.73,47 (el 4,01%) a *endoquepts*.

Se encuentran ubicados en el piedemonte de la serranía de Abibe, en la parte sur y más lluviosa de la región de Urabá, y en el piedemonte de los ríos Murri y Arquía, en los municipios de Chigorodó, Mutatá, Carepa, Murindó, Vigía del Fuerte, Dabeiba, Frontino y Urrao.

Los *eutrudepts* están localizados en el ápice y en la parte media y alta del cuerpo de los abanicos, específicamente del piedemonte de la serranía de Abibe; presentan capas de granulometría contrastante y algunos, por su ubicación, un drenaje de imperfecto a moderado (*fluvaquentic*). Su presencia se explica por las razones planteadas previamente para los *eutrudepts* de clima cálido húmedos.

Los *endoaquepts* se encuentran localizados en la parte distal de los abanicos, en relieves plano cóncavos, limitados por el nivel freático fluctuante y cercano a la superficie y muestran una condición de drenaje natural pobre y una fertilidad alta.

Tabla 9.
Extensión (ha) de inceptisoles en el clima frío. Fuente: IGAC (2007).

Clima frío	Relieve	
	Relieve de disección profunda	Altiplano
<i>Dystrudepts (33.4436,21)</i>		
Húmedo	86.428,28	
De húmedo a muy húmedo	49.370,30	110.582,85
Muy húmedo	88.054,78	
<i>Endoquepts (3.129,98)</i>		
De húmedo a muy húmedo	3.129,98	



Los *dystrudepts* se encuentran en los abanicos (parte media), en relieve entre plano y ligeramente inclinado, con pendientes de 0 a 7%, se han derivado de depósitos aluviales y coluviales gruesos, los cuales presentan un menor contenido de bases alcalinotérreas.

Estos *inceptisoles* se encuentran en zonas de muy alta precipitación, lo cual los hace muy complicados para agricultura intensiva de cultivos tradicionales, debido a susceptibilidad a erosión, problemas fitosanitarios, etc., y hay que buscar alternativas de uso diferentes o de menor intensidad de uso, además de plantaciones forestales.

En relieves de colinas (lomerío) y en el clima húmedo, los *inceptisoles* se localizan en la subregión del Bajo Cauca, en jurisdicción de los municipios de Cáceres, Tarazá, Caucaasia, Nechí, El Bagre y Zaragoza, aproximadamente entre 50 y 900 msnm. Corresponden a las zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y a la transición del bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).

En el relieve denudativo de estas colinas, los *inceptisoles* alcanzan una extensión de 157.647,25 ha, todas pertenecientes a los *dystrudepts*. El material parental corresponde a rocas sedimentarias del Terciario: arcillolitas, areniscas y conglomerados estratificados. Los suelos son bien drenados, profundos, de fertilidad natural muy baja y baja. En algunas áreas se presenta erosión de ligera a moderada y son de frecuentes a moderados los movimientos en masa, principalmente del tipo denominado “pata de vaca”, y deslizamientos muy localizados.

En los valles aluviales estrechos de estas colinas, formados por algunos afluentes de los ríos Magdalena y Cauca, los *inceptisoles* alcanzan 120.501,1 ha, de las cuales 77.971,3 (el 64,71%) corresponden a *dystrudepts* (subgrupos *acuic*, *typic* y *fluvaquentic*) y 42.529,8 (el 35,29%) a *endoaquepts*. Estos valles aluviales, ubicados en las partes bajas del paisaje, están sometidos a dinámica aluvial y los niveles freáticos superficiales condicionan un drenaje natural pobre a imperfecto, condiciones de los *aquepts*, mientras que en los *typic dystrudepts*, la condición de drenaje es buena, por la posición alta que ocupan en este tipo de relieve. En épocas de lluvias o de crecidas de los ríos se presentan inundaciones o encharcamientos, generalmente de corta duración.

En relieves de colinas (lomerío) y en el clima húmedo a muy húmedo, en el relieve denudativo, los *inceptisoles* alcanzan una extensión de 236.631,6 ha, de las cuales 161.538,96 (el 68,27%) pertenecen a los *dystrudepts*, 69.718,68 a los *eutrudepts* (el 29,46%) y 5.374,20 (el 2,27%) a los *endoaquepts*. Estos suelos se localizan en la subregión de Urabá, en los municipios de Apartadó, Carepa y Chigorodó, y al norte del municipio de Mutatá, y en Turbo. En la subregión de occidente, en jurisdicción de los municipios de Urro y Frontino al oeste de los mismos. En la subregión del Magdalena Medio, en jurisdicción de los municipios de Sonsón, Puerto Triunfo, Puerto Nare, Puerto Berrío y Yondó, y subregión del nordeste en jurisdicción de los municipios de Segovia, Remedios, Vegachí, Yalí, Maceo, Yolombó y San Roque. En la subregión del oriente, en el municipio de San Rafael.

Tabla 10.

Extensión (ha) de inceptisoles en el clima templado de húmedo a muy húmedo. Fuente: IGAC (2007).

Clima templado	Relieve	
	Relieve de disección profunda	Valles aluviales
De húmedo a muy húmedo	<i>Dystrudepts</i>	
	798.036,16	
	<i>Eutrudepts</i>	
	174.412,14	
	<i>Aquepts</i>	
	7.228,43	
Muy húmedo	<i>Aquepts</i>	
		1.296,78
	<i>Eutrudepts</i>	
		432,29



Los *dysrudepts* son suelos que reflejan una condición de lixiviación de bases, propia de estos climas húmedos, y una evolución incipiente, propia de la denudación que se presenta en estos relieves; son suelos de fertilidad muy baja.

Los *eutrudepts* se encuentran en regiones en donde los materiales parentales de los suelos presentan influencia calcárea o son materiales muy ricos en bases, de fertilidad entre moderada y alta. Se encuentran localizados más especialmente en los municipios de Puerto Berrío y Apartadó.

Los *endoaquepts* presentan régimen de humedad ácuico, están localizados en vallecitos aluviales estrechos, entre colinas, en la subregión de Urabá, no cartografiados a la escala de 1:100.000; están situados en relieve ligeramente plano cóncavo, con pendientes de 0 a 3%, se han derivado de aluviones y coluviones finos, son muy superficiales, están limitados por nivel freático fluctuante y son pobremente drenados.

En la planicie fluvio-lacustre y planicie aluvial, en el clima cálido muy húmedo y en zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T), los *inceptisoles* alcanzan una extensión de 158.995,95 ha, de los cuales 96.234,00 son *endoaquepts*, es decir, un 60,53%, y 62.761,95 son *eutrudepts* (el 39,47%). El mayor porcentaje de los *aquepts* se debe a las condiciones de drenaje e inundaciones y encharcamientos prolongados a los que está sujeto este paisaje, ubicado en la cuenca baja del río León y sus tributarios, en su desembocadura al río Atrato, en los municipios de Turbo, Carepa, Chigorodó, Mutatá y Apartadó.

En la planicie aluvial y en clima cálido húmedo, en la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) los *inceptisoles* ocupan una extensión de 109.739,11 ha, en las cuales los *endoaquepts* son los de mayor extensión, 58.459,85 hectáreas (el 53,27%), seguido de los *eutrudepts* con 27.539,98 ha (el 25,10%); además, se encuentran *dysrudepts* en 18.527,90 ha (el 16,88%) y 5.211,39 ha de *humaquepts* (el 4,75%). Esta planicie está conformada por las llanuras de los ríos Nechí, Cauca y Magdalena y los suelos se encuentran en jurisdicción de los municipios de Caucaasia, Nechí, Cáceres, Tarazá, El Bagre, Zaragoza, Caucaasia, Yondó, Puerto Berrío, Puerto Nare y Puerto Triunfo. Los suelos de la planicie aluvial se utilizan fundamentalmente en pastos para ganadería, en general extensiva y algunos sectores se utilizan para cultivos de arroz, plátano, etc. Las limitaciones de uso están asociadas con las condiciones de drenaje pobre, los niveles freáticos altos, las inundaciones y encharcamientos de diferente duración, limitados en la profundidad radicular por nivel freático alto.

Los *aquepts* constituyen el 58% de los suelos, lo que refleja la condición de drenaje entre imperfecta y pobre y los niveles freáticos relativamente superficiales en la llanura inundable, la cual sufre inundaciones y encharcamientos en especial en la época de invierno; presenta, además, adiciones frecuentes de sedimentos, el cual confiere el carácter *fluventic*. Los suelos de las cubetas de decantación o *basines* gozan de una condición de drenaje más pobre; la duración de la inundación es mayor, por efecto de lluvia se encharcan por más tiempo y en general hacen parte de los humedales y como tales deberían permanecer; sin embargo, muchas áreas han sido incorporadas a actividades ganaderas. En general son suelos de una fertilidad natural moderada.

Los *eutrudepts* ocupan sectores mejor drenados de la llanura inundable; sin embargo, en el subgrupo *fluvaquentic eutrudepts* se refleja la condición de drenaje y la profundidad del nivel freático; son suelos de fertilidad natural de moderada a alta, mientras que en los sectores mejor drenados (diques) aparecen los *humic eutrudepts*.

Los *dysrudepts* se presentan en las terrazas aluviales, algunas disectadas, suelos de una mayor temporalidad, en los que el tiempo y el clima han determinado de manera intensa procesos de lixiviación de bases; los suelos son de una fertilidad natural menor que los otros suelos de la planicie.

En los valles aluviales y en clima cálido húmedo, en la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) así como en el clima cálido muy húmedo, zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T), los *inceptisoles* ocupan una extensión total de 105.116,1 ha, de las cuales 67.994,36 (el 64,7%) se encuentran en el clima cálido húmedo y 37.121,77 (el 35,3%) en el muy húmedo.



En el clima húmedo, los *dystrodepts* alcanzan una extensión de 33.339,34 ha, los *endoaquepts* 25.225,53 ha y los *eutrodepts* 25.225,53 ha. En el clima cálido muy húmedo, los *endoaquepts* alcanzan 21.212,44 ha y los *eutrodepts* 15.909,33 ha.

Los suelos en el clima cálido húmedo se localizan en una amplia región del departamento que incluye:

- En el Urabá: en los municipios de Arboletes, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá, Necoclí y Turbo, en el valle aluvial de los ríos San Juan, Mulatos, Apartadó, Carepa y otros afluentes que nacen en la serranía de Abibe.
- En el Magdalena Medio: Puerto Berrío, Puerto Nare y Puerto Triunfo y algunas áreas del municipio de Sonsón en cercanías al río Magdalena.
- En el Bajo Cauca: norte de Cáceres y sur de Caucaasia.

Los *dystrodepts* se ubican en las terrazas aluviales, recientes y antiguas, en las que el tiempo ha permitido una meteorización y lixiviación importante de los materiales aluviales, en especial en la región del Magdalena Medio y en Urabá. Los subgrupos son *typic*, *oxic*, *oxiaquic* y *fluventic*, lo que refleja el nivel de alteración química de los materiales, el carácter aluvial de los sedimentos y la condición de drenaje. Son suelos de fertilidad natural baja, ácidos, con algún nivel de saturación de Al intercambiable; presentan capas de gravillas en el perfil, algunos con drenaje natural de imperfecto a pobre, y limitados por la fluctuación del nivel freático, susceptibles a los encharcamientos (*oxiaquic*). Algunos se encuentran limitados por capas de fragmentos gruesos (*fluventic*).

Los *eutrodepts* se encuentran en las napas de desborde de las llanuras aluviales y en las vegas altas y terrazas. Cuando los materiales son finos, los suelos pueden desarrollar propiedades vérticas (subgru-

Tabla 11.

Extensión (ha) de inceptisoles en el clima cálido de húmedo a muy húmedo. Fuente: IGAC (2007).

Clima cálido	Relieve					
	Relieve de disección profunda	Piedemonte	Colinas	Planicie fluvio-lacustre y planicie aluvial	Planicie aluvial	Valles aluviales
Húmedo	<i>Dystrodepts</i>					
	156.913,41		235.618,55		18.527,90	33.339,34
	<i>Eutrodepts</i>					
	146.905,45	9.641,4			27.539,98	9.429,49
	<i>Endoaquepts</i>					
		6.427,6	42.529,8		58.459,84	25.225,53
	<i>Humiaquepts</i>					
De húmedo a muy húmedo					5.211,39	
	<i>Dystrodepts</i>					
	52.5644,81		161.538,96			
	<i>Eutrodepts</i>					
			69.718,43			
Muy húmedo	<i>Endoaquepts</i>					
		3.473,47		96.234,00		21.212,44
	<i>Eutrodepts</i>					
		43.396,22		62.761,95		15.909,33
	<i>Dystrodepts</i>					
	151.033,06	39.793,88				



pos *vertic*), la condición de drenaje es entre imperfecta y pobre en las napas de desborde, especialmente en relieve plano cóncavo, pueden estar limitados por niveles freáticos superficiales, sujetos a inundaciones de corta duración (subgrupos *fluvaquentic*) y la fertilidad natural es moderada. Para el uso y el manejo, los suelos tienen limitantes severos debido a la poca profundidad efectiva, los encharcamientos prolongados, el nivel freático alto y la baja disponibilidad de oxígeno.

Los *endoaquepts* se localizan en las partes bajas de las terrazas recientes, en las cubetas de decantación de la llanura actual y en las vegas bajas. En general están formados por aluviones finos, algunos con capas de granulometría gruesa y contrastante en el perfil, pobremente drenados, limitados por la fluctuación del nivel freático y presentan inundaciones y encharcamientos frecuentes y prolongados y un nivel de fertilidad natural bajo.

Los suelos del clima cálido muy húmedo se localizan en los municipios de Apartadó, Carepa, Chigorodó, Mutatá, Murindó y Vigía del Fuerte, en la subregión de Urabá, y los municipios de Dabeiba, Urrao y Frontino en el occidente y el suroeste antioqueños. Los *endoaquepts* se ubican en las vegas bajas del plano de inundación; muy superficiales, pobremente drenados y son muy susceptibles a las inundaciones y encharcamientos. Los *eutrudepts* se ubican en las vegas altas y terrazas recientes, son moderadamente profundos, de moderada a imperfectamente drenados (subgrupos *acuic*), con capas de gravilla en el perfil y moderada susceptibilidad a las inundaciones y el nivel de fertilidad es de moderado a alto.

6.4 Inceptisoles de clima cálido de seco a húmedo

En relieves con disección profunda en clima cálido seco a húmedo, los *inceptisoles* alcanzan una extensión total de 16.939,78 ha, que pertenecen a los *haplustepts* (tabla 12). Estos suelos se localizan en los municipios de Dabeiba, Uramita, Frontino y Urrao.

El clima corresponde a la transición de la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) a bosque seco tropical (bs-T), precipitaciones cercanas a 1000 mm/año, con un régimen de humedad ústico. Los suelos se han desarrollado a partir de calizas y filitas, materiales que aportan gran cantidad de bases (de Ca y Mg), condiciones que favorecen la formación de los *haplustepts*; los suelos son de fertilidad de media a alta y los limitantes de uso están asociados con el clima seco, el relieve moderadamente escarpado, la susceptibilidad a la erosión y la abundante gravilla en el perfil.

En relieves de colinas en clima cálido seco a húmedo, los *inceptisoles* alcanzan una extensión total de 133.483,28 ha, de las cuales 74.157,37 (el 55,56%) pertenecen a *eutrudepts* (*typic* y *fluvaquentic*), 47.979,08 (el 35,94%) corresponden a *dystrodepts* y 11.346,83 (el 8,50%) pertenecen a *endoaquepts* (tabla 12).

Los *eutrudepts* están localizados en los relieves tanto denudativos como de de acumulación y están ubicados en las colinas del norte de Urabá, en los municipios de Arboletes, San Pedro de Urabá, San Juan de Urabá, Necoclí y Turbo.

En la parte denudativa de las colinas, los *eutrudepts* se originaron a partir de arcillolitas, filitas y areniscas. Se localizan en las partes medias y altas de las colinas, en relieve de ligero a fuertemente ondulado con pendientes de 7 a 25%. Son suelos de fertilidad entre moderada y alta, limitados para su utilización por el relieve de moderadamente inclinado a fuertemente ondulado y la susceptibilidad a la erosión y la saturación de Al alta.

Los *dystrodepts* del relieve denudativo se localizan en las partes medias y altas de las colinas, en relieve fuertemente quebrado, con pendientes del 50%; se derivaron a partir de arcillas sobre areniscas, los suelos son de fertilidad muy baja a baja y las limitaciones de uso incluyen: relieve fuertemente quebrado, susceptibilidad a la erosión, fertilidad muy baja y saturación de Al muy alta.

En los relieves de acumulación, valles estrechos de sedimentación aluvial-coluval, al interior de las colinas, los *eutrudepts* (*typic*) están ubicados en las partes altas de las vegas que se forman a lo largo de

los ríos, en relieve ligeramente plano, con pendientes de 1 a 3%; bien drenados y de texturas finas, con sustrato mediano y fertilidad moderada. Los *eutruidepts* (*fluvaquentic*) están ubicados en las partes bajas de las vegas, en donde la fluctuación del nivel freático, la granulometría más fina y la posición en el paisaje más baja definen una condición de drenaje entre imperfecta y moderada.

Los *endoaquepts* también se localizan en los valles aluviales y presentan, a diferencia de los *eutruidepts*, un régimen de humedad ácuico, producto de una condición de drenaje pobre, producto de su posición en el relieve y el nivel freático superficial.

En la planicie marina en clima cálido seco a húmedo se encuentran 10.172,86 hectáreas de *haplustepts*, ubicados entre las poblaciones de Arboletes y Mulatos, sobre la costa del Caribe, como también al norte y sur de Necoclí, hasta Punta Caimán, en jurisdicción de los municipios de Arboletes, San Juan de Urabá y Necoclí y en la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T). Ocupan el relieve de terrazas marinas, recientes y subactuales, afectados por encharcamientos en época invernal; en verano se observan grietas amplias y profundas y el drenaje natural moderado.

6.5 Inceptisoles de clima cálido seco

Este clima corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T), con una precipitación inferior a los 2000 mm/año, con un régimen de humedad ústico. En este clima los *inceptisoles* se encuentran en relieves con disección profunda, fundamentalmente denudativo, que incluyen el Triángulo Montañoso Tropical y el cañón del río Cauca entre La Pintada y Santa Fe de Antioquia, y en los relieves asociados a la acumulación aluvial y gravitacional (coluvial), presentes en el cañón del río Cauca en este mismo sector. Este último relieve, enmarcado en lo que el IGAC (2007) llama piedemonte, denominación que no se considera apropiada.

En relieves con disección profunda, los *inceptisoles* alcanzan en este clima cálido seco una extensión total de 49.940,34 ha, de las cuales 46.320,42 (el 92,75%) pertenecen a los *haplustepts* y 3.619,92 (el 7,25%) a *dystroidepts*. Los suelos se han formado a partir de rocas sedimentarias (areniscas, arcillas pizarrosas y calcáreas, arcillositas y conglomerados), metamórficas (esquistos) y rocas ígneas (diabasas, basaltos, andesitas y dioritas).

Estos suelos se localizan en sectores ribereños del río Cauca, en las subregiones de:

- Occidente, en jurisdicción de los municipios de Peque, Sabanalarga, Buriticá, Liborina, Santa Fe de Antioquia, Sopetrán, Olaya, San Jerónimo, Anzá y Ebéjico.
- Suroeste, en los municipios de Concordia, Titiribí, Salgar y Tarso y en el cañón del río San Agustín, Betulia, Santa Bárbara, Valparaíso y Caramanta.

Los *dystroidepts* en relieves con disección profunda, están ubicados en las zonas más húmedas y más altas, principalmente en la transición al clima medio húmedo; se derivan de rocas ígneas (basaltos principalmente). Los *dystroidepts* tienen fertilidad natural baja. La pedregosidad sectorizada y las pendientes fuertes que favorecen la erosión y los movimientos en masa son las principales limitaciones para el uso de los suelos.

Los *haplustepts* ubicados en relieves con disección profunda están localizados en los sectores más secos de este clima, se derivan de materiales con buenos contenidos de bases y tienen fertilidad alta. Las limitantes de uso son el clima seco, el relieve fuertemente quebrado, la disección fuerte, la susceptibilidad a la erosión, y la pedregosidad abundante en el perfil.

Cuando los *haplustepts* en relieves con disección profunda se derivan de areniscas, especialmente cuarcíticas, son suelos de fertilidad baja. Los limitantes de uso son: clima seco, relieve fuertemente



quebrado, erosión severa, profundidad efectiva moderada y limitados por pedregosidad superficial y en el perfil.

Los relieves asociados a la acumulación aluvial y gravitacional (coluvial), lo que el IGAC (2007) llama piedemonte, y en este clima (cálido seco), corresponden a superficies de acumulación (torrencial, abanicos aluviales y flujos de lodo), llanuras aluviales estrechas y discontinuas y terrazas y abanicos de tributarios del río Cauca, con influencia de depósitos gravitacionales (coluviones), además de rampas denudativas conocidas como glacis de denudación. Se presenta en las subregiones de “secas” del suroeste, en el cañón del río Cauca, sector de La Pintada-Bolombolo, en jurisdicción de los municipios de Tâmesis, Fredonia, Jericó, Tarso, Venecia, Titiribí y Concordia, y en la subregión de occidente, en los municipios de Santa Fe de Antioquia, Sopetrán, San Jerónimo, Olaya, Sabanalarga y Buriticá.

Los *inceptisoles* alcanzan en este relieve una extensión total de 16.427,84 ha, de las cuales 14.602,33 (el 88,89%) pertenecen al gran grupo de los *haplustepts* y 18.25,61 (el 11,11%) a *dystrudepts*.

Se presentan *dystrudepts* en estos relieves de acumulación y en las rampas denudativas, en las partes altas e intermedias de estos relieves, en las zonas más húmedas y en donde no hay influencia de materiales calcáreos.

Los *haplustepts* se presentan en:

- Vegas altas de los valles aluviales estrechos, pendientes de 0 a 3%, cercanos a los municipios de Olaya, Sopetrán y Santa Fe de Antioquia. Los suelos presentan fertilidad natural alta y el principal limitante de uso es el clima seco.
- Coluvios y depósitos aluviales en relieve, con vertientes fuertemente inclinadas con pendientes de 12 a 25%, en jurisdicción de los municipios de Tâmesis, Fredonia, Jericó, Tarso, Venecia, Titiribí y Concordia, en márgenes del Río Cauca y, más al norte, en los municipios de San Jerónimo, Sabanalarga y Buriticá, en la subregión de occidente. Los suelos tienen fertilidad de moderada a alta.
- Abanicos terraza, depósitos aluviales y aluvio-torrenciales, en relieve de ligeramente plano a ligeramente inclinado, con pendientes de 1 a 7%, en los municipios de Sopetrán y Santa Fe de Antioquia. La fertilidad es alta y las limitaciones de uso son: el clima seco, la pedregosidad superficial localizada y, en algunos casos, las pendientes.

En los valles aluviales y en clima cálido seco, los *inceptisoles* alcanzan 19.323,21 ha, de las cuales 10.784,91 (el 55,81%) corresponden a *haplustepts* y 8.538,30 (el 44,19%) a *endoaquepts*. (tabla 12). Se presentan en el sector norte del valle aluvial de los ríos San Juan y Mulatos, en donde se encuentra el plano de inundación, en su parte más baja (cubeta de desborde) y en los niveles de terraza. Se localizan en:

- Al sur del casco urbano del municipio de Arboletes y al norte del área de jurisdicción del municipio de San Pedro de Urabá.
- En los municipios de Arboletes, San Juan de Urabá y Necolí.

Los *endoaquepts* están ubicados en la cubeta de desborde del valle del río San Juan; derivados de aluviones finos, recientes y actuales; son superficiales, pobremente drenados y de texturas finas. El exceso de humedad ocasionado por las inundaciones y los encharcamientos prolongados restringen el uso agropecuario (IGAC, 2007).

Los *haplustepts* se encuentran en las vegas y terrazas bajas y altas y en sectores mejor drenados; los que están en la posición más baja en el paisaje son de imperfecta a moderadamente bien drenados, con alta



susceptibilidad a los encharcamientos. Los ubicados en las terrazas altas son de moderadamente a bien drenados y con fertilidad natural moderada.

7. Los Ultisoles

El argílico es un horizonte subsuperficial caracterizado por la acumulación iluvial de arcillas, es decir, arcillas que han migrado de horizontes suprayacentes y se han acumulado en éste, con el consiguiente incremento en el contenido de arcillas (20% en una distancia inferior a 15 cm). Las arcillas iluviales aparecen como películas orientadas que recubren poros, *peds* o que unen partículas de tamaño mayor (arenas). La migración de arcillas requiere que estas partículas estén individualizadas, es decir, dispersas, no floculadas, debido a que deben migrar por espacio poroso de tamaño muy pequeño o por entre las uniones y entre las unidades estructurales o *peds*. Esta migración está asociada con climas que generan contrastes de humedad en el suelo, es decir, climas con estacionalidad marcada en la humedad del suelo, o en suelos en los que las partículas se dispersen fácilmente (suelos con Na o con concentraciones bajas de sales) o en suelos con arcillas que se dispersen fácilmente en agua (caolinita y gibsita) o con arcillas de menor tamaño (arcilla fina de más de 0,2 μm).

Los suelos que presentan horizonte argílico y además su saturación de bases (calculada mediante suma de cationes) es superior al 35%, corresponden a los *alfisoles*, mientras que si son desaturados en bases (inferior al 35%) corresponden a *ultisoles*.

El horizonte cándico es uno de contraste granulométrico, producto fundamentalmente de la disolución de arcillas, de modo que el horizonte suprayacente es de granulometría gruesa (arenoso, arenoso franco o franco arenoso) y el subyacente es de granulometría fina (arcilloso o franco arcilloso).

Los *ultisoles* son suelos muy evolucionados, propios de relieves estables y más bien antiguos; se caracterizan por presentar un horizonte argílico o uno cándico, desaturado de bases (inferior al 35%), con predominio de arcillas LAC (caolinita, gibsita y oxi-hidróxidos de Fe), en general con un nivel de fertilidad natural bajo.

Los *ultisoles* presentes en el departamento de Antioquia se encuentran en climas húmedos, en un régimen de humedad údico (el suelo está sin humedad disponible para las plantas menos de 90 días al año), lo cual clasifica los suelos como *udults*. En ambientes húmedos, la presencia del horizonte argílico está asociada con la naturaleza de las arcillas (caolinita); son arcillas dispersables en agua, lo cual favorece esta eluviación.

El contraste en el contenido de arcillas, requerido para definir un horizonte cándico, es para el departamento de Antioquia, en especial para los relieves de disección profunda y colinas, difícil de entender en términos de su origen, dado que se presentan en relieves en los que la inclinación de la vertiente es muy alta (más de 50%), lo que implica un proceso erosivo muy importante, no concomitante con el desarrollo de un cándico, es decir, cuantitativamente puede cumplir sus requerimientos pero genética y conceptualmente es muy complicado aceptar que estos horizontes sean cándicos.

En los *ultisoles* del departamento, la fertilidad natural es muy baja, la reacción es de fuerte a muy fuertemente ácida, la capacidad de intercambio catiónico es baja (menor de 16 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ de arcilla), las bases totales son muy bajas e igualmente la saturación de bases, el contenido de P es bajo y la saturación de Al alta.

En el departamento, el IGAC (2007) reporta una extensión total de 293.509,23 ha de *ultisoles*; sin embargo, una vez revisados los perfiles descritos, la extensión total que se considera que efectivamente ocupen estos suelos es de 207.433,41 ha, de las cuales en el clima templado existen 20.670,89 (el 10,0%) y en clima cálido 186.762,52 (el 50,0%); (tabla 13).



En el clima medio o templado (1000 a 2000 msnm), en las zonas de vida de bosque húmedo y muy húmedo premontano (bh-PM y bmh-PM), estos *udults* se encuentran asociados con los depósitos gravitacionales antiguos y con mantos de meteorización de rocas ígneas. En relieves de disección profunda, que corresponden a los flancos del valle de Aburrá, y en donde se encuentran depósitos gravitacionales antiguos, están presentes en los municipios de Medellín, la Estrella, Sabaneta y Girardota. El clima es templado húmedo y el relieve es ligeramente escarpado, con pendientes de 25 a 50%; pueden presentar en superficie piedras y afloramientos rocosos, propios de estos depósitos. Son suelos de baja fertilidad, de fuerte a medianamente ácidos, de alta a media capacidad de intercambio catiónico, bases totales muy bajas, saturación de bases muy baja, bajo contenido de P y saturaciones altas de Al en el perfil.

En los mantos de alteración de rocas (suelos residuales), los suelos se encuentran en climas templados húmedos a muy húmedos, derivados de cuarzodioritas (San Carlos) y de gabros (Yarumal); en especial, se ubican en las partes altas de las vertientes (mayor estabilidad del relieve), en ambientes bien drenados, en relieves moderadamente escarpados con pendientes de de 50 a 75% y en algunos casos pueden presentar horizonte cándico, en especial en los sectores más planos y estables.

En el clima cálido húmedo y muy húmedo, y de 200 a 1000 msnm, correspondiente a la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), los *udults* se encuentran en mantos de alteración de rocas sedimentarias terciarias (relieve de colinas o lomerío) y en rocas ígneas. Ocupan una extensión, de acuerdo con el IGAC (2007), de 224.198,47 ha; sin embargo, una revisión detallada de algunas unidades cartográficas indica que de pronto este valor puede ser reducido a unas 157.647,25 ha, dado que algunos suelos no se pueden considerar como *ultisoles*.

- En relieves de disección profunda, se considera que no son los ambiente para formar estos suelos, y que los perfiles modales definidos por el estudio del IGAC (2007) no cumplen los requisitos de horizonte argílico y, por ende, los suelos no pueden ser *ultisoles*.
- En relieves de colinas, los *ultisoles* se desarrollaron a partir de rocas sedimentarias del Terciario (arcillolitas, areniscas y conglomerados estratificados) y de rocas ígneas félsicas (granitos y cuarzodioritas). Están presentes en Caucasia, Cáceres y Tarazá. Estos suelos tiene limitaciones severas de índole química, puesto que se trata de suelos con alta acidez, alta saturación de Al y bajo nivel de fertilidad natural. Los relieves son ondulados, con pendientes inclinadas y los suelos presentan alta susceptibilidad a la erosión.

Tabla 12.
Extensión (ha) de *inceptisoles* en el clima cálido seco y de seco a húmedo. Fuente: IGAC (2007).

Clima cálido	Relieve					
	Relieve de disección profunda	Piedemonte	Colinas	Planicie marina	Planicie aluvial	Valles aluviales
De seco a húmedo	<i>Haplustepts</i>					
	16.939,78			10.172,86		
	<i>Eutrudepts</i>					
			74.157,37			
	<i>Endoaquepts</i>					
			11.346,83			
	<i>Dystrudepts</i>					
			47.979,08			
Seco	<i>Haplustepts</i>					
	46.320,42	14.602,33				10.784,91
	<i>Dystrudepts</i>					
	3.619,92	1.825,51				
	<i>Endoaquepts</i>					
						8.538,30

- En la llanura aluvial, en especial en las terrazas de los ríos Cauca y Magdalena, las cuales han sufrido una mayor evolución, asociada con mayores niveles de alteración química de los materiales y de lixiviación, sin embargo, y debido a las temporalidades y la naturaleza de las arcillas presentes (LAC), se presentan procesos de migración de arcillas y la consiguiente formación de horizonte argílico, lo cual clasifica los suelos como *ultisoles*, y, si se tiene en cuenta la saturación de bases (inferior a 35%), como *udults*.

En el clima frío húmedo, en trabajos de Arias et al. (2000) en el altiplano de Santa Rosa de Osos, en las rampas de colinas, con pendientes de 7 a 12%, se encontraron *ultisoles*, con horizonte cándico; (figuras 1 & 7), en los cuales el contraste granulométrico es muy marcado, asociado con procesos de disolución de arcillas; en concepto de los autores, corresponden a los suelos más evolucionados en el departamento de Antioquia; sin embargo, no se realizó una cuantificación detallada de estos suelos.

Las limitaciones de uso de los *ultisoles* están asociadas con su nivel de fertilidad natural bajo, la discontinuidad granulométrica, muy marcada cuando se presenta horizonte cándico y que está asociada con una tasa mayor de erosión por escorrentía, dado que esta discontinuidad afecta la circulación de agua en el perfil y los niveles de inclinación de la vertiente que, en general para los paisajes en los que se presentan, exceden el 25% e incluso pueden llegar a un 50%.

8. Los Oxisoles

Los *oxisoles* son suelos asociadas con relieves estables y antiguos y presentan un horizonte óxico cuyo techo se encuentra en los primeros 150 cm de la superficie del suelo. Éste es un horizonte mineral que, en esencia, ha sufrido procesos de meteorización y lixiviación intensa en un período de tiempo importante, y, como consecuencia, la pérdida iónica es muy alta, la mineralogía de arcillas es LAC (caolinita, gibsitita y oxi-hidróxidos de Fe) y la de arenas es dominada en más de 90% por minerales resistentes a la alteración como el cuarzo; de igual manera pueden presentar un enriquecimiento en oxi-hidróxidos de Fe y Al. Estas condiciones definen su baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), su reacción ácida (suelos ácidos, saturados de Al intercambiable), una fijación de fosfatos importante y una fertilidad natural baja. Los *oxisoles* en general se presentan en climas húmedos y en relieves antiguos y estables, no sujetos a altas tasas de denudación.

En el departamento de Antioquia, el IGAC (2007) reporta que los *oxisoles* ocurren en relieves de disección profunda y en las colinas, con vertientes fuertemente inclinadas (pendiente superior al 25%), en climas cálidos tanto húmedos en zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), como húmedos a muy húmedos en zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y la transición de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).

En Antioquia, cuando los *oxisoles* ocurren en paisajes recientes o rejuvenecidos por la erosión, son el producto de dos situaciones: la presencia de materiales poco resistentes al proceso de meteorización (serpentinatas, esquistos cloríticos, gneis feldespático aluminicos, etc.) y la presencia en las superficies de erosión o altiplanos de mantos espesos de alteración, producto de procesos que han ocurrido desde temporalidades muy importantes (10⁶ años).

En el departamento, el IGAC (2007) reporta que los *oxisoles* ocupan una extensión de 749.367,35 ha; sin embargo, un análisis detallado de algunos perfiles indica que algunos de ellos no cumplen los requisitos exigidos por los *oxisoles* por lo que se trabaja con un valor más cercano a la realidad, de 638.321,40 ha, las cuales en su totalidad se encuentran en clima cálido; de ellas, 203.142,72 hectáreas (el 45,78%) se encuentran en el paisaje de colinas o lomerío en la terminología del IGAC (2007).

En los relieves de disección profunda es más remota la posibilidad de encontrar *oxisoles*, debido a las altas tasas de denudación, si bien existen alteritas muy meteorizadas y lixiviadas. La presencia de ho-



rizones de transición a roca que presentan fragmentos de roca fresca o parcialmente meteorizada en el perfil impide que estos horizontes cumplan a cabalidad los requisitos del horizonte óxico, en especial el tener más de 5% por volumen de fragmentos de roca; por lo tanto, sólo en las partes altas de las laderas con menores pendientes se tiene la posibilidad de tener horizontes óxico. Incluso el concepto general del *oxisol*, como suelo de alta evolución, en el que la homogeneización del perfil es importante, es para este paisaje un poco difícil de aceptar por lo cual es más adecuado clasificar estos suelos como *dystrodepts*.

En los relieves colinados correspondientes a superficies de erosión, en rocas ígneas o metamórficas, correspondiente al altiplano inferior y a bloques tectónicos al oriente, sureste y noreste del embalse del Peñol, Arias (2011) constató que los mantos espesos de meteorización en los cuales se han formado estos suelos han evolucionado en una temporalidad importante (10^6 años); en este sentido, estos mantos son especies de paleomantos o mantos fósiles, herencia de una condición ambiental, de relieve, que operó en las alteritas en una temporalidad considerable. En síntesis, estos suelos son recientes en evolución (“nacieron viejos”) y el proceso pedogénico que fundamentalmente tienen en la condición de relieve actual es la humificación o formación de un horizonte A; se formaron a partir de materiales parentales (mantos de alteración) que cumplen las condiciones químicas y mineralógicas que exige la metodología de la Soil Taxonomy (USDA & NRCS, 1999).

En algunas colinas bajas, llamadas lomerío por el IGAC (2007), y en la formación Mesa, presentes en el valle del Magdalena, en Doradal, se reportan *oxisoles* y *ultisoles*, unos materiales de estratos arcillosos y de conglomerados muy evolucionados, de colores rojizos; sin embargo, se sigue conservando la concepción de ser suelos recientes formados en materiales parentales muy evolucionados, a pesar de que, por la condición climática sub-húmeda, en estos materiales se ha formado un horizonte argílico, desaturado de bases y en ellos se presentan *ultisoles*.

Los *oxisoles* corresponden al subgrupo *udox*, debido al régimen de humedad údico del suelo (con humedad disponible para la planta menos de 90 días al año), del gran grupo *hapludox*, debido a que no presentan una CIC superior a 1,50 cmol(+)/kg de arcilla, su saturación de bases es inferior a 35% y no presentan horizonte cándico.

En el relieve de disección profunda (montañas para el IGAC, 2007) y en el clima cálido húmedo, el mismo estudio reporta una extensión de 343.081,898 ha de *udox*, tanto de *hapludox* como de *kandiudox*; no obstante, se considera que algunos de estos conjuntos de suelos difícilmente pueden ser *oxisoles*, de acuerdo con las condiciones del suelo y del entorno geomorfológico. Un cálculo más acertado sería de 240.605,43 ha; además, no es clara la presencia de un horizonte cándico (un horizonte de contraste granulométrico).

En el relieve de colinas (lomerío para el IGAC, 2007) y en el clima cálido húmedo a muy húmedo, el mencionado estudio reporta una extensión de 203.142,724 ha, de las cuales en el relieve de altiplanos hay 194.573,238 ha y en las colinas de la formación Mesa unas 8.569,4855 ha.

En trabajos de Arias et al. (2000, 2002), en el altiplano de Santa Rosa de Osos, ha sido posible encontrar *oxisoles*, en las rampas de colinas, con pendientes de 7 a 12% y en un clima frío húmedo.

Los *oxisoles* en su gran mayoría están utilizados en pastoreo de ganado vacuno.

Las limitaciones de uso de los *oxisoles* están asociados con su bajo nivel de fertilidad natural, en algunos casos con su relieve ondulado y con la menor retención de agua (propia de su mineralogía de arcillas), lo cual los hace complicados de manejar, en especial en los períodos de ausencia de lluvias (verano); en ellos se siente con mayor intensidad el verano, de modo que las pasturas se secan con mayor rapidez.



9. Los Molisoles

Los *molisoles* son suelos recientes; presentan un epipedón mólico, un horizonte superficial que muestra un excelente desarrollo estructural, una consistencia que no es dura en seco, una saturación de bases de más de 50%, un espesor superior a 18 cm y un color oscuro. Estas condiciones son el producto de una característica climática que no facilita una excesiva lixiviación de bases, la evolución de la materia orgánica en un ambiente rico en bases, en especial Ca (humus *mull*), que permite no sólo generar la estructura pedogénica sino una activa mineralización de la materia orgánica, lo cual tienen por efecto una fertilidad natural alta.

En el departamento, el IGAC (2007) reporta que los *molisoles* ocupan una extensión de 92.104,99 hectáreas; sin embargo, un análisis detallado de algunos perfiles indica que algunos de ellos no cumplen los requisitos exigidos por los *molisoles* y se trata más bien de *inceptisoles* (*eutrudepts*) y, por ende, un valor más cercano a la realidad es de 25.574,42 ha, de las cuales se encuentran en clima templado 2.983,16 ha (el 11,63%) y en clima cálido 22.591,26 ha (el 88,34%).

En el clima templado y en relieves con disección profunda, se reportan los *molisoles* en un régimen de humedad údico, en clima templado de húmedo a muy húmedo y en las zonas más bajas y más secas en la transición al clima cálido. Éstos se han desarrollado a partir de rocas ígneas básicas (en la vía Amagá-Titiribí), en depósitos gravitacionales de lutitas (en Uramita) y el total reportado por el IGAC (2007) es de 5.244,78 ha.

En clima cálido y en relieves con disección profunda, el IGAC (2007) reporta 70.988 ha, ubicadas en climas de húmedos a muy húmedos, fundamentalmente efecto de materiales calcáreos; en climas cálidos de húmedos a secos (en la vía Uramita-Dabeiba), por efecto de una menor precipitación (cerca de 1200 mm/año) y de materiales calcáreos (calizas y *chert* calcáreos), y en valles aluviales estrechos, en los que por efectos del relieve y de materiales parentales se incrementan los contenidos de iones y se alcanzan las saturaciones de bases de más de 50%, como ocurre en el corregimiento La Granja (Ituango) y en vía Urama-Dabeiba.

En el cañón del Cauca, en la vía Venecia-Bolombolo, en el paisaje que el IGAC (2007) llamó piedemonte, dicho informe reportó estos suelos en el clima cálido seco, formados a partir de brechas volcánicas de la formación Combia. Sin embargo, los perfiles descritos no presentan estructura pedogénica y su consistencia en el horizonte A es firme en húmedo, lo cual sugiere que en seco son duros. El estudio del IGAC (1979) los definió como *inceptisoles*, clasificación más ajustada a la realidad.

En el paisaje de colinas, el IGAC (2007) reporta *molisoles* (*hapludolls*), en colinas cercanas a Puerto Berrio, km 3 de la vía a Cisneros, en clima cálido de húmedo a muy húmedo. Estos suelos presentan un nivel muy bajo de Ca (4,30 cmol(+)/kg de suelo), un pH de 5,7, su CIC es muy baja: de 8,3 cmol(+)/kg de suelo; además, ofrece muy poco desarrollo estructural.

Tabla 13.

Extensión (ha) de *ultisoles* en los climas cálido y templado de húmedos a muy húmedos. Fuente: IGAC (2007).

Clima	Relieve					
	Relieve de disección profunda	Piedemonte	Colinas	Planicie fluvio-lacustre y planicie aluvial	Planicie aluvial	Valles aluviales
Cálido Húmedo	<i>Udults</i>					
					29.115,27	
Cálido de húmedo a muy húmedo	<i>Udults</i>					
			157.647,25			
Templado de húmedo a muy húmedo	<i>Udults</i>					
	20.670,90					



En relación con los *molisoles* en el departamento hay que destacar que no se presentan en clima frío; además, se encuentran en climas húmedos y muy húmedos y en vertientes escarpadas con pendientes que pueden ser superiores a 50%.

Las limitaciones de uso de los *molisoles* están asociadas con las fuertes inclinaciones donde han sido reportados, si bien su nivel de fertilidad natural es alto.

10. Los Vertisoles

Los *vertisoles* son suelos arcillosos, con 30% o más de arcilla en la fracción de tierra fina (menos de 2 mm), con arcillas expansivas (de tipo 2:1, monmorillonita, etc.), que se expanden y contraen en alguna época del año; estos cambios de volumen tienen efectos importantes en el suelo:

- Generan grietas amplias y profundas, un aspecto que desde el punto de vista de las obras civiles es indeseable.
- Crean superficies de deslizamiento entre masas de suelo, conocidas como *slickensides*.
- Un acomodamiento de masas de suelo que en superficie genera unos pequeños montículos (de 5 m de ancho y 0,5 m de altura), conocidos como microrrelieve de Gilgai, nombre asociado con una localidad de Australia en donde el proceso es muy notorio.
- Homogeneización y mezclamiento de los horizontes del perfil de suelo.
- Limitan la utilización del suelo para obras de ingeniería (vías, casas, edificaciones, piscinas, etc.) debido a los cambios de volumen muy drásticos que presentan.
- Ofrecen propiedades físicas muy complicadas de manejo: en seco son extremadamente duros y en húmedo muy pegajosos y plásticos, lo que dificulta el laboreo del suelo. Además, su porosidad y sistema de circulación de agua los hace complejos en el manejo de agua para riego.
- Estos suelos presentan buen nivel de fertilidad química; sin embargo, en algunos casos pueden tener exceso de sales o de sodio, lo cual limita su utilización.

Los ambientes de formación de los *vertisoles* son:

- Clima con una estación seca marcada, para permitir la formación de las grietas.
- El material parental debe ser arcilloso, que se encuentra en rocas sedimentarias del tipo de las arcillolitas, en sedimentos marinos del tipo de planicies de marea (manglares), en *basines* o cubetas de decantación de llanuras aluviales, bien sea en la llanura inundable o en terrazas, en las planicies deltaicas, en las lagunas o ciénagas colmatadas de sedimentos finos.
- El ambiente debe tener bases (Ca, Mg, Na y K), iones que se requieren para la formación y estabilidad de las arcillas expansivas de tipo 2:1, para lo cual es de esperar un clima seco, en el cual abundan las bases y las arcillas son estables y no se transforman en otros tipos de minerales.

En el departamento de Antioquia, estas tres condiciones del medio natural son relativamente escasas. Las extensión del clima seco, sólo presente en una condición cálida, es, de acuerdo con el IGAC (2007), de 445,7 km² (44.500,7 ha), ubicadas en el cañón del río Cauca, en los municipios de Anzá, Santa Fe de Antioquia y Olaya, y en el noroccidente del departamento, paralelo a línea litoral en los municipios

de San Juan de Urabá y Arboletes. Para la zona del río Cauca el ambiente geomorfológico no es el más adecuado para la sedimentación de materiales finos; sólo la presencia de arcillolitas neoterciarias facilita la formación de estos suelos, los cuales ocurren en una extensión de 620,94 ha. Para la zona litoral en las terrazas marinas, los sedimentos finos de antiguas planicies de marea permiten la formación de estos suelos, en un relieve plano cóncavo, que genera encharcamientos y una condición de drenaje pobre, por lo cual los suelos se clasifican como *aquerts*, en una extensión de 4.359,80 ha. En las cubetas de decantación o *basines* de la llanura aluvial del río Magdalena, se presentan *aquerts*, en una extensión de 14.356,08 ha; se trata de suelos con una condición de drenaje similar a los mencionados. En total, la extensión de los *vertisoles* es de 19.336,816 ha.

Se clasifican como subgrupos *vertic*, suelos que no cumplen los requisitos exigidos para ser *vertisoles*, aunque presenten evidencias de ciclos de contracción –expansión, o que pueden tener potencial para este proceso, si se tienen en cuenta su cantidad y su tipo de arcillas, pero en los que el verano (secamiento del suelo) no es lo suficientemente fuerte y no configuran en cantidad importante ni grietas amplias y profundas ni *slickensides* ni agregados cuneiformes.

Los subgrupos *vertic* en el departamento están ubicados especialmente en las cubetas de decantación de las llanuras aluviales: río Cauca, río Magdalena y afluentes de ambos, ríos del piedemonte de Urabá, en el río León y afluentes y en algunos afluentes del Atrato. Estos subgrupos *vertic* pueden tener unas condiciones de manejo relativamente similares a la de los *vertisoles*.

11. Los Alfisoles

Los suelos que presentan horizonte argílico o cándico y con una saturación de bases (calculada mediante suma de cationes) mayor del 35%, corresponden a *alfisoles* y además no presentan en el suelo un

Figura 7.

Ultisol con horizonte cándico. Nótese la discontinuidad granulométrica debajo del horizonte plácico (banda de hierro). Municipio de Santa Rosa de Osos. (foto: L.H. González)





régimen de humedad arídico (el suelo está con humedad disponible para las plantas menos de 90 días consecutivos en el año).

Los *alfisoles* presentes en el departamento de Antioquia se encuentran en un clima cálido seco, en un régimen de humedad del suelo ústico, formados en depósitos aluviales, en un paisaje de terrazas aluviales de recientes a antiguas, algunas fuertemente disectadas, en relieves de ligeramente inclinados a empinados, con pendientes de 7 a 50%. Son suelos bien drenados y en algunos casos presentan acumulación iluvial de carbonatos de Ca, en forma de polvo finamente dividido y distribuido en horizontes subsuperficiales y no presentan horizontes nátricos (de acumulación iluvial de sodio), por lo cual se clasifican como *haplustalf*.

Se encuentran en la zona de Sopetrán y Santa Fe de Antioquia, en donde el clima contrastado facilita la migración de arcillas y la formación de horizonte argílico saturado de bases. Ocupan una modesta extensión de 1.241,88 ha (IGAC, 2007).

Las limitaciones de uso son el clima seco (precipitación acumulada por debajo de 1000 mm/año), con un período de verano intenso, en el que en algunos casos la vegetación natural de la zona desaparece, lo que incrementa la susceptibilidad a la erosión. La consistencia muy dura en el horizonte argílico, en algunos casos el relieve fuertemente ondulado, y la fertilidad moderada, asociado todo esto con sus bajos niveles de P, el bajo nivel de carbono orgánico (C_{org}), y, en el caso de los suelos del departamento, su contenido de Mg muy alto en relación con el de Ca. Estos suelos se utilizan en la producción de pastos para ganadería de carne.

12. Los Histosoles

Son suelos formados a partir de materiales orgánicos; en general un suelo es *histosol* si más de la mitad de los primeros 80 cm son materiales orgánicos; son suelos de muy baja densidad aparente (inferior a 0,1 g/cm³), están saturados con agua durante alguna parte del año y el techo de los materiales orgánicos se encuentra en los primeros 40 cm contados desde la superficie del suelo. Los suelos orgánicos se presentan cuando la descomposición de la materia orgánica opera a baja velocidad, lo cual genera una acumulación importante de ella. Esta condición de descomposición se logra en dos ambientes específicos:

- La anoxia o condiciones anaeróbicas, asociadas con la falta de O₂, lo cual ocurre en ambientes hidromórficos: Pantanos, terrenos inundados buena parte del año (*basines* o cubetas de decantación en las llanuras aluviales) y diferentes tipos de humedales, planicies de marea, etc.
- En condiciones de temperatura baja, como en las zonas de páramo y, en general en el caso antioqueño, en relieves que están por encima de los 3.000 msnm.

En general en algunos de estos ambientes, se mezclan o intercalan materiales de carácter mineral con materiales orgánicos, lo cual puede llevar a alguna confusión en la delimitación de lo que es suelo orgánico o un suelo mineral. En estos casos, el espesor de las capas minerales u orgánicas permite la separación de acuerdo con el concepto ya planteado: al menos el 50% de los primeros 80 cm son de naturaleza orgánica.

Material de suelo orgánico es material de tierra fina (menos de 2 mm) que está saturado con agua menos de 30 días acumulativos en el año y tiene más de 20% de C_{org} , o si está saturado con agua por 30 o más días en el año y, si se excluyen las raíces vivas, presenta un contenido de C_{org} de más de 18% si la fracción mineral tienen más de 60% de arcilla, o más de 12% de (C_{org}) si la fracción mineral no tiene arcilla, o si la fracción mineral contiene menos de 60 % de arcilla y el material contiene entre 12% y 18 % de C_{org} .

La clasificación de los suelos orgánicos se define a partir del tiempo en que permanecen saturados con agua, así: si permanecen menos de 30 días acumulativos en el año, son *folist*, los cuales no han sido

descritos en el departamento. Si están saturados con agua por más tiempo, se clasifican de acuerdo con el estado de descomposición del material orgánico: **saprist** cuando el suelo predominantemente tiene materiales bien descompuestos; **hemist** cuando predominan materiales en estado intermedio de descomposición; **fibríst** cuando dominan materiales en estado incipiente de descomposición. Estos últimos tres subórdenes han sido reportados en el departamento y ocupan una extensión de 43.259,57 ha (IGAC, 2007).

Los *histosoles* están presentes en planicies de marea, con o sin influencia aluvial, en zonas bajas sujetas a las inundaciones tanto por efecto de las mareas como en las planicies aluviales. Presentan cobertura de plantas hidrófilas, en tierras cálidas: mangle (*Rizophora mangle*), arracacho (*Montrichardia arborescens*), cativo (*Prioria copaifera*), palmas (*Euterpe sp.*), yarumo, buchón, bihao, platanillo (*Heliconia bihai*), enneas, lotos, rascadera, etc. En tierra frías y páramos fundamentalmente musgos (*Sphagnum sp.*), frailejón, etc.

Los *histosoles* se encuentran en: (1) La planicie marina del Caribe: parte sur del golfo de Urabá, en el delta del río León y del río Atrato, en Turbo y en Necoclí. (2) En la llanura aluvial de ríos como el Atrato, el León, el Arquía, el Magdalena, etc. (3) En los humedales asociados con los ecosistemas de páramos: páramo de Frontino (laguna de Puente Largo) (4) Diferentes humedales: concavidades de primer orden en el altiplano de Santa Rosa de Osos.

Estos suelos presentan una condición de drenaje pobre, con un nivel freático prácticamente en superficie, en algunos casos con una lámina de agua permanente, son pantanos, suelos de reacción muy fuertemente ácida, efecto de los ácidos orgánicos generados en la descomposición de los materiales orgánicos, la capacidad de intercambio catiónico es muy alta, el contenido de bases totales es medio, la saturación de bases es muy baja, su capacidad portante es mínima, debido a que sufren procesos de subsidencia, por lo cual las viviendas y cualquier otro tipo de construcción en ellos realizadas deben ser técnicamente diseñadas y construidas.

Cumplen un papel ambiental importante (regulación en el ciclo del C, el régimen hídrico, refugio de fauna y flora, etc.), no deben ser sujetos de producción agropecuaria alguna y no deben ser sometidos a drenaje con el fin de ser utilizados en pastoreo de ganado.

13. Los Spodosoles

Los *spodosoles* se caracterizan por presentar un horizonte iluvial de materiales espódicos, es decir, un horizonte de acumulación iluvial de humus y Al con o sin Fe. La migración de estos compuestos amorfos requiere varias condiciones:

Unas sustancias húmicas muy reactivas que, además de complejar o quelatar el Al, sean solubles en agua y puedan migrar en el perfil. En específico, los ácidos fúlvicos presentan estas propiedades; estos ácidos se producen en la descomposición de materiales orgánicos acidófilos y con una relación C/N muy alta; en general, estos materiales vegetales se producen en ambientes de suelos ácidos, desaturados de bases y en climas húmedos.

Un material de suelo que facilite la percolación de estos complejos órgano-metálicos: en general los suelos de granulometría gruesa (arenosos o arenoso-francos).

Un clima húmedo que facilite no sólo la percolación de excesos de agua sino que además permita el crecimiento de la vegetación acidófila.

El estudio general de suelos publicado por IGAC (1979) reporta *spodosoles* en el altiplano de Santa Rosa de Osos, mientras que en el estudio de la misma entidad de 2007 estos suelos no fueron reportados. Sin embargo, estudios realizados por Arias et al. (2000, 2002) indican la presencia de *spodosoles*, subgrupo *troporthod*, en las colinas del altiplano de Santa Rosa de Osos, formados en depósitos de



escorrentía cuarcíticos (figura 8), que se encuentran por encima de la discordancia erosiva superior (Arias et al., 2002), presentes en cimas planas y en rampas de las colinas, en especial en la parte norte del altiplano en el sector de Llanos de Cuivá. Un cálculo aproximado de la extensión de estos suelos, suponiendo que son un 20% de la asociación Zuláibar, y de acuerdo con el estudio del IGAC (1979), daría una extensión cercana a 34.800 ha.

El origen de los depósitos de escorrentía está asociado con una condición climática en la que se favorece ese fenómeno, lo cual implica una cobertura de vegetación rala o muy escasa; es posiblemente una condición más fría pero más lluviosa o de pronto una condición más árida, no hay claridad por el momento, pero estos depósitos de escorrentía son indicadores de cambio climático. Obviamente este ambiente no es concomitante con rodales de roble (*Quercus humboldtii*), en los cuales Arias et al. (2000, 2002) han encontrado estos depósitos y los *spodosoles*.

No obstante, además debe haber presencia de cuarzo; en este caso la fuente es el perfil de alteración de la cuarzodiorita del batolito antioqueño, alteración que ocurre en una temporalidad importante. Sin embargo, y por procesos de alteración y pedogénesis que ocurren en estos mantos de alteración, el cuarzo se incrementa relativamente por la meteorización de los demás minerales primarios de la roca, e incluso en un estado más avanzado, por la disolución de minerales secundarios, con la consiguiente formación de un horizonte cándico (*ultisoles*) y de la formación de “esquirlas de cuarzo” en el horizonte A humificado; estos dos horizontes serán una fuente importante de cuarzo para la acumulación de depósitos de escorrentía, en los cuales pueden haber hasta tres generaciones. En síntesis, la presencia de los depósitos, en los cuales pueden formarse los *spodosoles*, es parte de la historia del Cuaternario reciente en el altiplano de Santa Rosa de Osos.

Estos suelos presentan un nivel de fertilidad muy bajo, con menores niveles de materia orgánica que los de los suelos circundantes; son ácidos, con niveles de bases muy bajos, deficientes en P y con altos niveles de Al intercambiable, estabilidad estructural muy baja, muy susceptibles a procesos de ero-



Figura 8.
Spodosol en el municipio de San José de la
Montaña (foto: L.H. González)

sión, de consistencia firme y dura en seco, delgados (menos de 30 cm). En algunos casos estos suelos suprayacen materiales sedimentarios (neoterciarios) arcillosos, muy poco permeables, que hacen que estos suelos en verano sufran déficit de agua y en los períodos de lluvia se encharquen. Estos suelos se utilizan en la producción de pastos para el pastoreo de ganado vacuno, ocasionalmente se rotan con cultivos de papa y se encuentran en ellos restos de rastrojos y de vegetación de bosques de roble.

14. Conclusiones

Predominan en el departamento los climas húmedos y muy húmedos: prácticamente el 99 % del territorio se encuentra en esta condición climática, lo que confiere unas dificultades inherentes a la producción agropecuaria, debido a los problemas asociados de luminosidad, al control de enfermedades fitopatogénicas y a los niveles de crecimiento de las malezas; además, facilita en los suelos una pérdida importante de iones y, en el caso de cultivos “limpios”, una propensión a la erosión. Sin embargo, la convierte en una opción importante para la producción forestal comercial y obliga a estudiar nuevas formas de utilización de la tierra.

Los suelos que predominan en el departamento de Antioquia son los *inceptisoles*, los *andisoles*, *oxisoles*, *entisoles* y *ultisoles* (tabla 14). Esta situación refleja las condiciones de clima, la influencia de las cenizas volcánicas, el relieve actual y su historia. Sin embargo, es muy alta la extensión asignada en el departamento a los *oxisoles* que reporta el IGAC (2007). Estos suelos, además de presentar dificultades por la condición de fertilidad, encuentran en la inclinación de las vertientes una limitación de mecanización y productividad. Algunos sectores en los que los materiales parentales aportan bases en cantidades importantes, los suelos son recientes y el relieve relativamente plano, se ha desarrollado una actividad agrícola importante; tal es el caso de la región de Urabá, en donde se producen cultivos muy tecnificados de banano y plátano, yuca, arroz, etc.

La producción de hortalizas se desarrolla fundamentalmente en los *andisoles*, en los que las condiciones físicas de los suelos facilitan estos cultivos, aun en vertientes de cierta inclinación, no sin dejar

Tabla 14.
Extensión aproximada (ha) de los suelos en el departamento de Antioquia.

Orden de suelo	Extensión	Observaciones
Inceptisol	3.537.119,71	
Andisol	1.118.386,98	Incluyen 274.012,36 ha de subgrupos <i>andic</i>
Oxisol	749.367,35	*Dato corregido: 638.321,40 ha
Entisol	575.209,61	
Ultisol	293.509,23	*Dato corregido: 207.433,41 ha
Molisol	92.104,99	*Dato corregido: 25.574,42 ha
Vertisol	19.336,816	
Histosol	43.259,57	
Alfisol	1.241,88	
Spodosol		**34.800
Total	6.429.536,139	

*Datos corregidos de acuerdo con análisis del autor.

** Cálculos preliminares, de acuerdo con el IGAC (1979).



de presentar efectos erosivos, los cuales son notorios en el sector de Rionegro, El Carmen de Viboral, Marinilla y El Santuario.

La producción de leche, con ganado especializado, se produce en los *andisoles* (oriente antioqueño, San Pedro de los Milagros, etc.), y en *inceptisoles* (otros municipios del norte de Antioquia).

233

La producción de café y cacao encuentra en los climas húmedos y muy húmedos una condición especial de productividad, la cual, en asocio con las prácticas de beneficio en el caso del café, facilita la producción de un excelente grano, apetecido en los mercados nacionales e internacionales. Este cultivo se realiza en *inceptisoles* y en menor escala en *entisoles* y *andisoles*; sin embargo, las tecnologías de cultivo a plena exposición generan pérdidas de suelo importantes y es necesario realizar prácticas de conservación de los mismos de manera rigurosa. En este sentido, las prácticas de asociar el cultivo del café y del cacao con sombrío de plátano, frutales, forestales, etc., son muy ventajosas desde el punto de vista de la conservación del suelo y los ecosistemas.

Los cultivos de caña panelera se realizan en *inceptisoles* y *entisoles*, en un clima cálido, con niveles de tecnología muy bajos debido a los relieves escarpados. Incluso la producción de caña para extracción de alcohol en las colinas de Vegachí presentó dificultades con la utilización de maquinaria agrícola, en el intento de extrapolar las tecnologías de las tierras planas del Valle del Cauca.

La producción de frutales en el departamento tiene pequeños sectores aptos para esta actividad, en especial las tierras un poco más secas, que se presentan en el cañón del Cauca y en el norte de Urabá; en la primera de estas regiones se ha incursionado en la producción de cítricos, mangos, papayas, aguacates, etc. Sin embargo, la topografía de los terrenos dificulta algunas labores de recolección.

La producción de carne vacuna se realiza en *inceptisoles*, *entisoles*, *ultisoles*, *oxisoles*, *molisoles*, *vertisoles* y *alfisoles*, en el clima cálido tanto húmedo como seco, con más productividad en este último.

Es importante tener en cuenta que las condiciones de cambio climático pueden incrementar los niveles de precipitación, con graves consecuencias para la producción; por ejemplo, la producción de café se disminuye ostensiblemente en un año muy lluvioso e igual sucede con la producción de pasturas, frutales, etc.

Esta condición de riqueza hídrica debería hacer desarrollar las actividades de acuacultura, cultivo de peces (tilapia, trucha, etc.), actividades en las que los antioqueños deben realizar un esfuerzo importante. Además, esta condición hídrica, unida a la del relieve, facilita la generación de energía hidroeléctrica, en la cual el departamento mantiene un notorio liderazgo nacional.

Finalmente, las condiciones húmedas favorecen no sólo el desarrollo de bosques, tanto nativos como de explotaciones forestales comerciales, sino además una importante biodiversidad tanto de fauna como de flora; lastimosamente, las comunidades vegetales han sido intervenidas y los bosques naturales y los humedales han desaparecido en buena parte.

Si bien es interesante la diversidad de suelos presentes, desde el punto de vista de las posibilidades de un desarrollo agropecuario y forestal intensivo, es necesario reconocer que la oferta ambiental a partir de los suelos y el relieve es una limitación para las explotaciones agropecuarias intensivas y que es necesario buscar opciones de tecnologías apropiadas para la explotación de este recurso natural. El estudio del IGAC (2007) considera que cerca del 75 % del territorio antioqueño tiene limitaciones para la producción agrícola o ganadera, de tal forma que sólo es apto para conservación de los recursos naturales el 7%, para explotaciones de actividad forestal protectora el 23,4%, para la actividad forestal comercial el 5,70% y para actividades en sistemas agroforestales, entre las cuales se incluye el café, el 38,7%. De igual forma, este estudio considera que las tierras para actividades agrícolas son el 11% del territorio y las tierras para actividades ganaderas el 14%.



Literatura citada

Arias, L.A. 1995. El relieve de la zona central de Antioquia: un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos. *Revista Fac. Ing. Univ. Antioquia* 10: 9–24.

Arias, L.A. 1996. Altiplanos y cañones en Antioquia: una mirada genética. *Revista Fac. Ing. Univ. Antioquia* 12: 84–96.

Arias, L.A. 2011. Estructura, clasificación y evolución del relieve en el departamento de Antioquia. (Capítulo 2 en este volumen).

Arias, L.A., González, L.H & G. Arias. 2000. Historia del relieve y los suelos en el altiplano de Santa Rosa de Osos. Trabajo presentado a la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA. Medellín, Universidad Nacional de Colombia.

Arias López, L.A., González, L.H, Arias, G. & J.C. Loaiza. 2002. Comportamientos y estructuras del relieve y los suelos en el altiplano de Santa Rosa de Osos (Antioquia). Trabajo presentado a la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA. Medellín, Universidad Nacional de Colombia.

Goudie, A.S. (ed.). 2006. *Encyclopedia of Geomorphology*. 2 vols. Routledge, Londres.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2007. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. departamento de Antioquia. 3 vols. Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá.

Organización de Estados Americanos (OEA). 1978. Proyecto Darién: estudio para la orientación del desarrollo integral de la región del Darién colombiano. 2 vols. OEA, IGAC y departamento Nacional de Planeación, Medellín.

United State Department of Agriculture (USDA) & National Resources Conservation Service (NRCS). 1999. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*, 2nd ed. (Agriculture Handbook 436). Washington, DC.

CAPÍTULO 4

ZONAS DE VIDA DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

POR: LUIS SIGIFREDO ESPINAL TASCÓN[†]

**ANOTACIONES Y COMPLEMENTOS
POR GUILLERMO VÁSQUEZ VELÁSQUEZ***

En la foto, a la izquierda Luis Sigifredo Espinal Tascón (1929-2008)
y a la derecha César Pérez Figueroa (1926-2005),
con un ejemplar de *Cespedesia spatulatha* (Ruiz & Pav.) Planch. (Ochnaceae).
En la zona de vida bosque muy húmedo tropical (bmh-T)
en la región del Chocó Biogeográfico (Colombia).
La foto fue tomada probablemente a finales de la década de los años cincuenta.
Imagen extraída del libro Life Zone Ecology de L. R. Holdridge, 1967 (CATIE).



[†] Fallecido en 2008. Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

*Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, departamento de Ciencias Forestales.



Índice de Contenido	Pág.
1. Introducción	239
2. Fundamentos del sistema de clasificación ecológica	241
3. Zonas de vida o formaciones vegetales del departamento de Antioquia	243
3.1 Bosque Seco Tropical (bs-T) - Tierra Caliente Seca	245
3.1.1 Cañón del río Cauca	245
3.1.2 Zona de Dabeiba	252
3.2 Bosque Húmedo Tropical (bh-T) - Tierra Caliente Húmeda	252
3.2.1 Valle del Magdalena	252
3.2.2 Bajo Cauca	253
3.2.3 Cañón del río Porce	254
3.2.4 Cañón del río Sucio	258
3.2.5 Región de Urabá	258
3.3 Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T) - Tierra Caliente Muy Húmeda	261
3.4 Bosque Pluvial Tropical (bp-T) - Tierra Caliente Superhúmeda	266
3.5 Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) - Tierra Cafetera Húmeda	266
3.5.1 Valle del río Medellín	267
3.5.2 Laderas del cañón del río Cauca	267
3.6 Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) - Tierra Cafetera Muy Húmeda	267
3.6.1 Laderas de los ríos Medellín y Porce	268
3.6.2 Vertiente occidental de la Cordillera Central	269
3.6.3 Vertiente oriental de la Cordillera Occidental	270
3.6.4 Vertiente occidental de la cordillera Occidental	272
3.6.5 Vertiente oriental de la Cordillera Central	272
3.7 Bosque Pluvial Premontano (bp-PM) - Tierra Cafetera Superhúmeda	274
3.8 Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) - Tierra Fría Húmeda	274
3.9 Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) - Tierra Fría Muy Húmeda	275
3.9.1 Región oriental	275
3.9.2 Altiplanicie de Santa Rosa de Osos	280
3.9.3 Zona de Belmira	281
3.9.4 Cordillera Occidental	282
3.10 Bosque Pluvial Montano Bajo (bp-MB) - Tierra Fría Superhúmeda	283
3.11 Bosque Pluvial Montano (bp-M) - Páramo Superhúmedo	284
Literatura citada	289

Índice de Figuras	Pág.
Figura 1. Diagrama para la determinación de las zonas de vida del mundo de Holdridge.	244
Figura 2. Mapa de las zonas de vida del departamento de Antioquia.	246
Figura 3. Vista de remanentes del bosque seco tropical (bs-T) a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia.	247
Figura 4. Vista del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) en el cañón del río Claro.	253
Figura 5. Vista de la cabecera del municipio de Caracolí.	254



Índice de Figuras	Pág.
Figura 6. <i>Población de Puerto Valdivia (municipio de Valdivia).</i>	255
Figura 7. <i>Vista del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) en la desembocadura del río Pescado al río Cauca.</i>	256
Figura 8. <i>Valle del río Porce en inmediaciones del municipio de Yolombó.</i>	259
Figura 9. <i>Zona de manglar, una azonalidad del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) en el Golfo de Urabá.</i>	260
Figura 10. <i>Alrededores de Villa Arteaga (municipio de Mutatá), región de Urabá.</i>	263
Figura 11. <i>El Bosque Húmedo Premontano (bh-PM).</i>	268
Figura 12. <i>Vista de la ciudad de Medellín (2010).</i>	269
Figura 13. <i>Bosques sobre la vertiente occidental de la Cordillera Occidental en alrededores del municipio de Cañasgordas.</i>	274
Figura 14. <i>Corregimiento de Nutibara (municipio de Frontino).</i>	276
Figura 15. <i>Panorámica del Oriente Antioqueño en vecindad del municipio de La Ceja del Tambo.</i>	277
Figura 16. <i>Vista del paramillo de Santa Rosa de Osos.</i>	283
Figura 17. <i>Cordillera Occidental, vertiente de los Farallones de Citará.</i>	285
Figura 18. <i>Vista del Bosque Pluvial Montano Bajo (bp-MB), en el Alto de Ventanas (municipio de Yarumal).</i>	286
Figura 19. <i>En primer plano comunidades de bromelias (Puya y Tillandsia) en el Cerro de la Paloma.</i>	287
Figura 20. <i>Páramo del Sol, en el área colectivamente conocida como Páramo de Frontino (municipio de Urrao).</i>	288
Figura 21. <i>En primer plano la Laguna de Santa Rita en el Páramo del Cerro de Caramanta.</i>	288



1. Introducción

La copiosa producción académica del profesor Luis Sigifredo Espinal y su posicionamiento como uno de los botánicos y ecólogos más destacados de Colombia tuvieron origen en la tesis de grado **Bases para un estudio ecológico del departamento de Antioquia**, que presentó en 1961 para optar al título de ingeniero agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Esa investigación tiene unos antecedentes y un desarrollo que es necesario referir para darle contexto a este capítulo (*Zonas de vida del departamento de Antioquia*).

Hacia finales de la década de los años cuarenta del siglo XX, el ecólogo norteamericano Leslie Ransselaer Holdridge publicó una nota científica en la revista *Science*, en la que propuso un modelo para la determinación y clasificación de las formaciones vegetales naturales de la Tierra, a partir de la cuantificación de las variables más significativas del clima: el calor y la humedad (Holdridge, 1947). Su propuesta era el fruto de varios años de trabajo de exploración y reconocimiento de los bosques y de la vegetación natural en el trópico y subtrópico americano, y hacía parte de su tesis doctoral en la Universidad de Michigan. Años más tarde, en 1967, Holdridge publicaría su famoso libro *Life Zone Ecology* (Ecología basada en zonas de vida, según la traducción al español), en el que presentó su sistema de clasificación ecológica con bastante detalle. Este sistema, que fue conocido primero como *Formaciones vegetales*, fue llamado de manera más específica *Sistema ecológico de las zonas de vida del mundo*, por cuanto los ecosistemas naturales que son objeto de clasificación involucran, además de las plantas, la fauna silvestre, y son de manera más general un ámbito específico para el desarrollo de determinadas formas de vida. El método ha sido desde entonces mejor conocido como *Sistema ecológico de las zonas de vida de Holdridge*.

Holdridge se vinculó en 1949 al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), localizado en Turrialba, Costa Rica, en calidad de jefe del departamento de Recursos Naturales, y desde allí desplegó una intensa actividad tanto para acopiar datos en los bosques de toda América, especialmente de la región intertropical, de Asia y de Europa, que le permitiera soportar su sistema de clasificación, como para difundirlo en las distintas escuelas agrícolas y forestales de América a través de cursos y conferencias (Jiménez, 2005).

En el IICA, que años más tarde daría origen al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, como organización encargada de las labores de docencia, Holdridge fundó el programa de posgrado en Dasonomía Tropical, uno de cuyos primeros alumnos sería el ingeniero agrónomo César Augusto Pérez Figueroa, recién egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, quien había recibido una beca de esta universidad por haber sido el estudiante más destacado de su promoción. César Pérez fue también el alumno más sobresaliente de esa primera cohorte del IICA, que culminó sus estudios en 1954, y allí trabó una amistad muy cercana con Holdridge.

A finales de los años cincuenta, el profesor César Pérez, ya vinculado como docente al recién creado Instituto Forestal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, fue el director de tesis en Ingeniería Agronómica de Luis Sigifredo Espinal Tascón, quien hizo la investigación ya referida, **Bases para un estudio ecológico del departamento de Antioquia**, que sería el primer trabajo en Colombia que acudió al método de las zonas de vida. Esta tesis fue sustentada en 1961 y recibió la distinción de laureada, la más alta que otorga la Universidad Nacional de Colombia, por cuanto se trataba de un tema nuevo en el país, que permitía una aproximación al conocimiento de los paisajes naturales, las relaciones ecosistémicas de los mismos y las posibilidades y limitaciones para el uso de la tierra rural en actividades pecuarias, agrícolas y silviculturales.

Años más tarde, Espinal sería contratado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para elaborar el mapa ecológico de Colombia, con fundamento en el sistema de las zonas de vida, trabajo en el cual estuvo acompañado de Elmo Montenegro, y que contó con la asesoría de Joseph A. Tosi, Jr., condiscípulo de César Pérez en la maestría, y del propio L. R. Holdridge (IGAC, 1963). Este mapa sería revisado exhaustivamente por el profesor César Pérez algunos años después (IGAC, 1967).

Quizás porque prontamente fue publicado el mapa de zonas de vida de Colombia, trabajo que abarca todo el territorio nacional, la tesis laureada de Espinal no tuvo mayor trascendencia en el ámbito regional sino que sufrió el olvido que estos trabajos tienen en los anaqueles de las bibliotecas universitarias. Sólo hasta 1985 la *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía* publicó la tesis de Espinal en el volumen 38, número 1, como artículo único, y en 1992, siendo profesor del departamento de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, él mismo hizo una publicación modesta de su tesis de grado, con recursos propios, en un librito de bajo tiraje que denominó *Geografía ecológica de Antioquia, zonas de vida del departamento de Antioquia* (Espinal, 1992). Ejemplares de este libro los regalaba Espinal a todos los que lo visitaban y a los muchos alumnos que tomaban su curso de *Ecología de Antioquia* de esta Universidad. Dicha publicación y un manuscrito con leves giros y apuntes que Espinal le entregó a la profesora Lucía Atehortúa, de la Universidad de Antioquia, son el fundamento del capítulo que se presenta en este libro, bajo el título de *Zonas de vida del departamento de Antioquia*, y es un reconocimiento póstumo a la obra de este insigne profesor, quien falleciera en febrero de 2008.

El profesor Espinal fue ecólogo asesor del Instituto Geográfico Agustín Codazzi; profesor del departamento de Biología de la Universidad del Valle, en donde fundó el herbario que lleva su nombre por ordenanza de la Asamblea Departamental del Valle; y Profesor Titular, Maestro Universitario y Profesor Honorario de la Universidad Nacional de Colombia. Fue un ilustre botánico, en cuyo nombre se denominaron varias especies de la flora nacional de Colombia. Por sus trabajos y publicaciones recibió en vida numerosas distinciones nacionales e internacionales. Fue un hombre de una sencillez notable y un profesor de vocación genuina.

Si bien para este capítulo se parte del texto original de Espinal, se han hecho algunas modificaciones. El lenguaje un tanto impersonal, coloquial y a veces pintoresco de Espinal se ha conservado, pero ha sido necesario incorporar algunas precisiones en gracia al tiempo transcurrido desde que el texto original se produjo y también por otros tecnicismos y razones idiomáticas.

Ricardo Callejas y Álvaro Idárraga (Herbario de la Universidad de Antioquia) han hecho la actualización en la nomenclatura botánica de todo el texto, lo cual es absolutamente necesario dadas las muchas revisiones que de continuo experimenta la taxonomía vegetal.

No se incluyen del texto original los acápites “Generalidades sobre Antioquia”, “Estudios de la vegetación colombiana” y “Algunos sistemas para clasificar la vegetación” dado que otros capítulos de esta misma obra desarrollan de mejor manera estos temas. En general, el texto de Espinal fue ampliado en lo que se consideró necesario, sobre todo en cuanto a la exposición de algunos detalles de la base científica del sistema de Holdridge, aspecto éste en el que Espinal fue parco; esto se hace necesario por cuanto han surgido en todos estos años muchas críticas y dudas sobre el sistema, debido en parte a que hay un desconocimiento generalizado sobre los supuestos, los conceptos involucrados y la operatividad del mismo.

No se han modificado las descripciones ni los límites de las zonas de vida de Antioquia trazados por Espinal. Durante mi ejercicio docente de muchos años, en los que he recorrido en detalle el departamento de Antioquia y he procesado y analizado las características climáticas de este territorio, he podido verificar que las delimitaciones de las zonas de vida hechas por Espinal hace casi cincuenta años son verosímiles al detalle que admite la escala de trabajo usada por él.

Resulta sorprendente que el sistema de las zonas de vida de Holdridge, cuyo desarrollo y despliegue fue intenso en las décadas de los cincuenta hasta los ochenta del siglo pasado pero que perdió algo de interés en los noventa, justamente el periodo en el que recibió sus mayores críticas, haya tenido un gran resurgimiento en los últimos años, ya no tanto en el ámbito americano donde se originó, sino en todo el mundo; ello justifica plenamente este redescubrimiento, casi cincuenta años después, de la obra pionera de los estudios ecológicos de Antioquia, hecha con sobrado talento y dedicación por el que puede considerarse el botánico y ecólogo más importante de este departamento.



Considero mínimo mi aporte a este texto. He realizado más un trabajo de revisión que de coautoría, la cual es exclusiva de Sigifredo Espinal. En su nombre, doy mi agradecimiento a la Universidad de Antioquia, al Jardín Botánico de Missouri, al departamento de Antioquia y al proyecto Expedición Antioquia 2013 por disponer de manera tan ordenada, al servicio de todos los lectores y usuarios, esta información geográfica, ambiental y ecológica de tan alta utilidad en estos tiempos modernos en que la humanidad busca con afán superar los problemas ambientales generados y acumulados durante tantos años.

G. Vásquez Velásquez

2. Fundamentos del sistema de clasificación ecológica

La determinación de las formaciones vegetales o zonas de vida del departamento de Antioquia se hizo teniendo como base el sistema para la clasificación de las formaciones vegetales del mundo, mejor conocido como sistema de las zonas de vida del mundo, cuyo autor es el doctor Leslie R. Holdridge, científico norteamericano que trabajó por muchos años en los bosques y áreas de vegetación natural de Centro y Sur América, y de otros lugares de la Tierra, particularmente del intertrópico. A continuación se dará un resumen del sistema propuesto por el doctor Holdridge.

Cuando el hombre trató de establecer la relación entre las plantas y el medio donde crecían se dio inicio al estudio de la Ecología. Esta palabra, usada primero por E. Haeckel en 1869 como *Oecología*, se puede definir como el estudio de los organismos en relación con su medio ambiente. El medio ambiente es el complejo de los factores que ejercen influencia sobre los organismos vivos (Holdridge, 1953).

Los factores climáticos más importantes que se deben tener en cuenta al estudiar los ecosistemas naturales terrestres son el calor y la humedad. Una combinación de estos dos factores, dentro de un ámbito determinado de valores, propicia la creación de un espacio único para el desarrollo de un ecosistema particular. Holdridge define el bioclima a partir de los elementos climáticos que inciden de manera directa y definitiva en la promoción de unas formas particulares de vida en especial de la comunidad vegetal, que se manifiestan en un aspecto fisionómico distintivo y que establece unas relaciones ecosistémicas propias. Para su sistema Holdridge (1953) propone la siguiente definición de formación: *“Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, las cuales, tomando en cuenta las asociaciones edáficas y las etapas de sucesión, tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo”*.

Una forma práctica de acercarse al conocimiento de la energía calórica y de la humedad disponible en el ecosistema se logra a través de la determinación de la temperatura del aire y de la precipitación pluvial incidente. Las entradas de agua, según su cantidad y distribución, estarán disponibles para el desarrollo de la comunidad vegetal en correlación con la energía disponible, de lo cual se desprenderán las cantidades de agua evaporada y transpirada, la humedad de los suelos y la generación de excedentes para la formación de caudales en las corrientes de agua.

Holdridge definió el concepto de biotemperatura como la temperatura media del aire que permite el desarrollo adecuado de las funciones metabólicas de las plantas; ella corresponde a los valores comprendidos en el ámbito de 0 a 30°C, ya que por fuera de él las plantas permanecen prácticamente inactivas.

En su sistema, Holdridge estableció una escala para la precipitación media anual multianual, en milímetros (mm), y otra para la biotemperatura media anual multianual, en grados centígrados (°C); ambas variables se presentan en escalas de progresión logarítmica y las dispuso en un diagrama triangular (Fig. 1), de manera tal que se posibilite el cruce de valores por ámbitos, de la una y de la otra, para for-

mar un conjunto de hexágonos que constituyen las zonas de vida. Dicho de otra manera, una zona de vida particular se presenta en donde ocurren determinados valores de precipitación y biotemperatura, y, en consecuencia, si aumenta o se reduce una cualquiera de las dos variables, o ambas, para caer en el ámbito contiguo, se dará paso a otra zona de vida diferente.

Si para un lugar el cruce de los valores de precipitación y biotemperatura cae en uno de los triángulos de la periferia de los hexágonos, entonces se tendrá una zona de vida transicional: al fresco (triángulo de la parte superior), al cálido (triángulo de la parte inferior), al seco (triángulo de la izquierda) y al húmedo (triángulo de la derecha).

Dado que la temperatura media de la tropósfera (o primera capa de atmósfera terrestre) cambia tanto con la altitud como con la latitud, el efecto de ascender hasta las nieves perpetuas en una cordillera cerca del Ecuador terrestre es similar al viajar hacia los polos. Esto dio origen a que Holdridge considerara en su sistema un conjunto de pisos altitudinales y de regiones latitudinales. En un lugar situado cerca del Ecuador terrestre puede existir en teoría el número máximo de pisos altitudinales, por ejemplo en una cordillera que se levante desde el nivel del mar hasta donde se presentan las nieves perpetuas características de los nevados. En la medida en que un lugar se aparta del Ecuador terrestre en dirección hacia los polos se va cambiando de región latitudinal y el número de pisos se va reduciendo, hasta llegar, en el caso extremo, a la región polar, en donde las nieves perpetuas se presentan desde el nivel del mar.

En el diagrama de zonas de vida (Fig. 1) se presentan en la parte izquierda las regiones en las que se divide la Tierra desde el Ecuador terrestre hasta los polos Norte o Sur, limitadas por ciertos valores de biotemperatura según la variación logarítmica ya referida. En la porción derecha se muestran los pisos altitudinales, que equivalen a los mismos valores de biotemperatura, y que van desde el nivel del mar hasta las cumbres de las altas montañas. Si se observa en el diagrama una región cualquiera, se notará que hay un piso alineado de manera directa, el cual se llamará el piso basal de esa región, y por encima de él están los demás pisos que son posibles para esa región. De esta manera se observa que la región latitudinal tropical cuenta con siete pisos, el mayor número posible para cualquier lugar de la Tierra.

En el sistema se considera que el cociente entre las variables precipitación y biotemperatura define otra variable: la relación de evapotranspiración potencial (r), que es la razón entre la evapotranspiración potencial y la precipitación incidente, ambas expresadas en milímetros. Como la evapotranspiración es la cantidad de agua susceptible de ser retornada a la atmósfera por el ecosistema debido a los procesos de evaporación física y transpiración fisiológica, tal variable dependerá exclusivamente de la energía disponible en el propio ecosistema (calor latente y calor sensible); por tanto, Holdridge estima la evapotranspiración como el producto de la biotemperatura por un factor de 58,93. Esta nueva variable aparece en el diagrama en el lado superior izquierdo y para cada zona de vida queda establecido un ámbito de valores de r .

Un valor de $r = 1$ corresponde a una zona de vida en la que los valores de precipitación son equivalentes a los de evapotranspiración potencial; ello puede traducirse en las mejores condiciones ambientales para el desarrollo de los suelos y la vegetación, puesto que la disponibilidad de agua no es excesiva ni deficitaria, y se dispone, además, de un clima confortable. De hecho, las zonas de vida a lado y lado de la línea $r = 1$ ofrecen las mejores posibilidades para los asentamientos humanos, la agricultura, la producción pecuaria y la silvicultura.

De otro lado, cuando $r < 1$ se presentan zonas de vida en las que las tasas de evapotranspiración son menores a la precipitación incidente y, por tanto, hay una tendencia al lavado excesivo de los suelos (lixiviación), la acidez, la toxicidad por ciertos compuestos, la baja capacidad de cambio catiónico y la infertilidad, lo que hace que se presenten condiciones marginales para la producción agropecuaria y forestal. Aunque los bosques puedan ser exuberantes, complejos y biodiversos, la biomasa aérea depende en alto grado de la recirculación de nutrientes, ya que el suelo es normalmente de baja fertilidad. En tales casos los suelos son altamente susceptibles a la erosión, por lo que es prioritario el manteni-



miento de la cobertura vegetal y la supresión de usos de la tierra que impliquen la remoción periódica de la capa arable, el laboreo del suelo y el mantenimiento del suelo descubierto entre cosechas. Como elemento favorable se tienen condiciones óptimas para la producción de agua en las cuencas hidrográficas que discurren por tales zonas de vida, tal como se observa en todas las regiones húmedas, muy húmedas y pluviales de Antioquia y de Colombia en general.

En el caso opuesto al anterior, ambientes con valores de $r > 1$ darán cuenta de zonas desde secas y áridas hasta desérticas, en las que las comunidades vegetales tienen limitaciones para su desarrollo por la escasez de agua, a lo que se suma que los suelos podrán ser salinos, sódicos y desecados durante una parte o todo el año. Las zonas de vida disponen de una vegetación que varía desde bosque, en los casos más favorables de humedad, hasta matorrales y malezas, con presencia notable de plantas espinosas, de hojas coriáceas, copas aparasoladas y bajo cubrimiento del sitio (vegetación rala). Los cauces de las corrientes de agua permanecen sin caudales durante todo el año o parte de él. Se trata de las típicas zonas secas como se aprecian en el municipio de Santa Fe de Antioquia y en la región de Urabá, cerca de los municipios de Turbo y Necoclí.

Téngase presente que la palabra *bosque* que se emplea en la denominación de las zonas de vida no se refiere al uso actual de la tierra sino que ella hace parte de una clasificación bioclimática. Así, cuando se dice *Bosque Húmedo Tropical* esto se refiere a la clasificación de la región en una determinada zona de vida y el bosque puede existir o haber sido destruido y la región mostrar en la actualidad una apariencia de sabana o de área con cultivos. Por esta razón, en algunos casos es conveniente usar las provincias de humedad, que están definidas por valores de la relación de evapotranspiración potencial (r), cuyos nombres están en la parte inferior del diagrama, para denominar las zonas de vida y así evitar confusiones.

El método desarrollado por Holdridge tuvo un gran auge en los años sesenta, setenta y ochenta, aunque fue criticado fuertemente en los años noventa del siglo pasado. No obstante, en el nuevo siglo ha resurgido con gran interés en casi todo el mundo y ha sido el sistema predilecto para estimar las proyecciones de alteración de los ecosistemas por causa del cambio climático global.

No cabe duda que las posibilidades de interpretación de los ecosistemas terrestres, su paisaje y su clima, y a partir de allí las labores de definición del uso de la tierra rural, tanto productiva como conservacionista, tienen en el sistema de las zonas de vida de Holdridge la mejor herramienta, aspecto al que se espera contribuir con el mapa y la definición de las zonas de vida del departamento de Antioquia.

3. Zonas de vida o formaciones vegetales del departamento de Antioquia

Según se anotó, la determinación de las zonas de vida en las distintas regiones del departamento se hizo teniendo en cuenta principalmente dos factores climáticos: la temperatura, como una expresión del calor o energía disponible, y la precipitación pluvial. Para poder señalarlas con relativa certeza, se realizaron viajes de reconocimiento a la mayoría de estas regiones hasta donde las circunstancias de acceso y comunicación lo permitieron. No debe olvidarse que este trabajo es un estudio de tipo general, orientado a señalar grandes regiones, para así tener una idea de conjunto sobre el aspecto bioclimático de Antioquia.

Se puede apreciar claramente que la temperatura media, dada por la altitud, determina regiones muy bien definidas, y así se puede hablar de “tierras calientes” o “piso térmico cálido”, como también se denomina, a ciertas regiones en las que el promedio de temperatura es superior a 24 °C, tales como el cañón del río Cauca, el valle del río Magdalena y la región de Urabá. A continuación se encuentra lo que se ha llamado la “tierra templada” o “piso térmico templado” o “zona del café” entre nosotros, que en general corresponde a una altitud entre 1.000 y 2.000 metros y en Antioquia se presenta como la “zona cafetera”. Viene en seguida la “tierra fría” o “piso térmico frío”, con altitudes entre 2.000 y 3.000 metros y temperaturas aproximadamente entre 12 y 18 °C, como las regiones del valle de Río-

Figura 1.





negro y La Ceja del Tambo, Marinilla, Santa Rosa de Osos y Sonsón. Encuéntrase luego la región con más de 3.000 metros de altura y con temperaturas inferiores a 12 °C, como los páramos de Sonsón, Frontino y Belmira.

Si a estas regiones que determina la temperatura, la cual varía inversamente con la altitud, se le introduce el factor lluvia, se puede decir entonces si la región es seca, muy seca, húmeda o muy húmeda. De esta manera, se puede clasificar una zona de acuerdo con su temperatura, dada por su altitud sobre el nivel del mar, y con su humedad, determinada por cantidad de precipitación incidente.

Esta clasificación de las zonas de vida o formaciones vegetales de acuerdo con la temperatura y la precipitación es de primordial importancia en la planeación agrícola, ya que los cultivos sólo se desarrollarán con éxito cuando se establezcan en zonas que llenen los requerimientos de ellos en cuanto a calor, humedad y suelos, principalmente.

Además, el aumento creciente de la población hace necesario que los gobiernos se preocupen por hacer el mejor uso posible de las tierras. El tratar de establecer determinados sistemas agrícolas en zonas no apropiadas sólo consigue el empobrecimiento del suelo hasta su esterilidad, con la consiguiente disminución del nivel de vida de los que allí habitan.

Se presenta a continuación la descripción de las zonas de vida de Antioquia, ordenadas, para una mayor claridad, desde las zonas tropicales hasta las regiones de los páramos, y desde las más secas hasta las más húmedas (Fig. 2).

3.1 Bosque Seco Tropical (bs-T) - Tierra Caliente Seca

La formación Bosque Seco Tropical tiene como límites climáticos generales una biotemperatura superior a 24 °C y una precipitación promedia anual de 1.000 a 2.000 mm y se presenta en zonas cuya elevación puede estar entre 0 y 1.000 metros sobre el nivel del mar, con variaciones debidas a efectos locales.

Esta formación bs-T aparece en el departamento en tres regiones: cañón del río Cauca, el enclave seco entre los municipios de Uramita y Dabeiba y la costa del Caribe entre los municipios de Turbo y Arboletes.

3.1.1 Cañón del río Cauca

El río Cauca cruza por Antioquia en dirección sur - norte, formando una garganta en donde las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central alcanzan a veces sus orillas. En este estrecho valle encajonado entre cordilleras se presenta una relativa sequedad ambiental, producto quizás del efecto de dichas montañas que impedirían el paso de los vientos cargados de humedad del Pacífico y el valle del Magdalena.

El bosque seco tropical del cañón del río Cauca (Fig. 3) se extiende desde el municipio de La Pintada, en los límites con el departamento de Caldas, hasta antes de llegar al corregimiento de Puerto Valdivia (municipio de Valdivia).

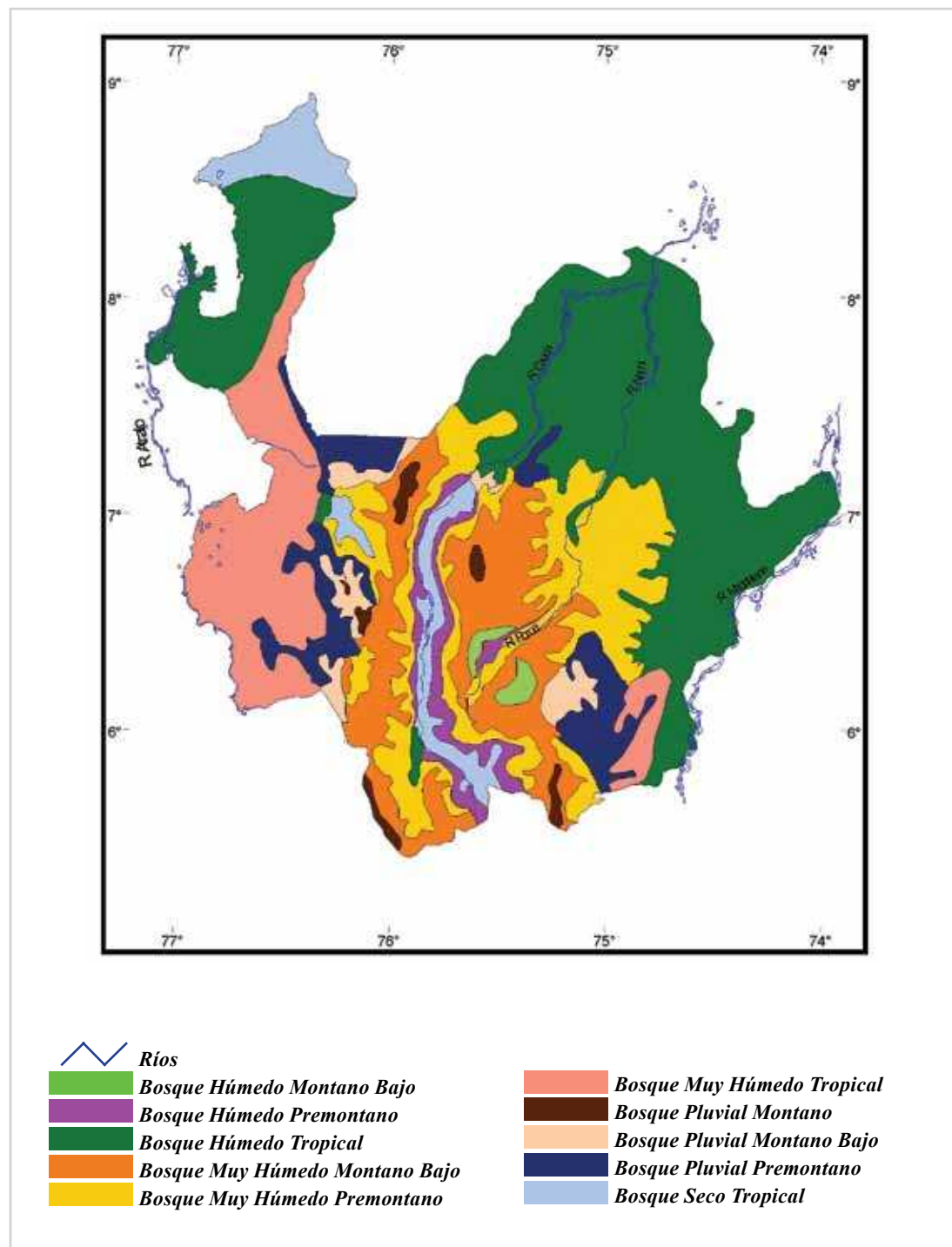
En las tierras del bs-T que van desde el río Arma hasta el corregimiento de Bolombolo (municipio de Venecia), de topografía accidentada o suavemente ondulada, predomina la ganadería con potreros de guinea (*Megathyrus maximus*), yaraguá uribe (*Hyparrhenia rufa*) (Poaceae). Existen además cultivos de maíz, frijol, plátano, yuca, cítricos, ciruelos, mamoncillos, mangos, papayas, marañones, palma de coco, guanábanas y anones.

Los bosques nativos de esta región han desaparecido casi totalmente, encontrándose ocasionalmente pequeñas manchas de bosques secundarios conservadas en las haciendas ganaderas para el abastecimiento de madera.

Diseminada en los potreros, en donde a veces forma pequeños grupos, crece la palma de amolao o corozo grande (*Acrocomia aculeata*) (Arecaceae) y como cercas vivas en las fincas se ven árboles de matarratón (*Gliricidia sepium*) (Fabaceae) y resbala mono o indio desnudo (*Bursera simaruba*) (Burseraceae). Sobre los troncos y ramas del totumo viven los quinchos o guinchos (*Tillandsia recurvata*, *T. variabilis*) (Bromeliaceae), lluvia de perlas (*Rhipsalis cassytha*) (Cactaceae) y orquídeas (*Encyclia oncidioides*) y en lugares húmedos se establecen las hojas de buitres (*Limnocharis flava*) (Alismataceae).

Figura 2.

Mapa de las zonas de vida del departamento de Antioquia. (IGAC-INDERENA-CONIF, 1984)





Entre los árboles comunes en esta región de La Pintada a Bolombolo, se pueden anotar:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Astronium graveolens</i> Jacq	Anacardiaceae	Diomate, tigrillo
<i>Cassia grandis</i> L.f	Fabaceae	Cañafistula
<i>Cassia spectabilis</i> DC.	Fabaceae	Velero
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Yarumo
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro
<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn.	Malvaceae	Ceiba
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Moraceae	Dinde
<i>Cochlospermum vitifolium</i> Willd.	Bixaceae	Flechero
<i>Cordia panamensis</i> L.Riley	Boraginaceae	
<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae	Totumo
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	Drago

Figura 3.
Vista de remanentes del bosque seco tropical (bs-T) a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia, en el denominado Puente de Occidente. (foto: Saúl Ernesto Hoyos).





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Crysophyllum</i> sp.	Sapotaceae	
<i>Cupania latifolia</i> Kunth	Sapindaceae	Mestizo
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	Piñón de oreja
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Fabaceae	Cámbulo
<i>Erythroxylum</i> sp.	Erythroxylaceae	Coca
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Rutaceae	Tachuelo
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	Caucho
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Jagua, tinto
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	Cedrillo
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	Guásimo
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Algarrobo
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Guamo
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Fabaceae	
<i>Machaerium capote</i> Triana ex Dugand	Fabaceae	Capote, sietecueros
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	
<i>Muntingia calabura</i> L.	Muntingiaceae	Chitato
<i>Neea</i> sp.	Nyctaginaceae	
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	Balso
<i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl	Phyllanthaceae	
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	Fabaceae	Trébol
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms	Fabaceae	Cedro amarillo
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Chumbimbo



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Solanum quitoense</i> Lam.	Solanaceae	Lulo
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	Hobo
<i>Stylogyne</i> sp.	Primulaceae	
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Surrumbo
<i>Trichilia</i> sp.	Meliaceae	
<i>Trichilia hirta</i> L.	Meliaceae	Lobo
<i>Zanthoxylum</i> sp.	Rutaceae	Tachuelo

Varias poblaciones se han desarrollado en la región y corresponden a estaciones del antiguo ferrocarril Medellín–Cali, entre las cuales están La Pintada, Puente Iglesias (municipio de Jericó) y Bolombolo (municipio de Venecia).

Esta zona seca se continúa por la población de Anzá y más hacia el norte se extiende por las tierras que riegan los ríos Tonusco y Aura, con cultivos de cacao (*Theobroma cacao*) (Malvaceae), plátano (*Musa x paradisiaca*) (Musaceae), tomate (*Solanum esculentum*) (Solanaceae), maíz (*Zea mays*) (Poaceae), frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Fabaceae), yuca (*Manihot esculenta*) (Euphorbiaceae), potreros de guinea y yaraguá uribe; es además zona frutera de buena producción de: aguacate (*Persea americana*) (Lauraceae), anón (*Annona squamosa*) (Annonaceae), caimito (*Chrysophyllum cainito*) (Sapotaceae), ciruela (*Spondias purpurea*) (Anacardiaceae), aki o seso vegetal (*Blighia sapida*) (Sapindaceae), árbol del pan (*Artocarpus altilis*) (Moraceae), carambola (*Averrhoa carambola*) (Oxalidaceae), cítricos (naranja, limón, mandarina) (*Citrus* sp) (Rutaceae), coco (*Cocos nucifera*) (Arecaceae), madroño (*Garcinia madruno*) (Calophyllaceae), mamoncillo (*Melicoccus bijugatus*) (Sapindaceae), marañón (*Anacardium occidentale*) (Anacardiaceae), níspero (*Manilkara sapota*) (Sapotaceae), piña (*Ananas comosus*) (Bromeliaceae), tamarindo (*Tamarindus indica*) (Fabaceae), guanábana (*Annona muricata*) (Annonaceae), mamey (*Mammea americana*) (Calophyllaceae), mango (*Mangifera indica*) (Anacardiaceae), melón (*Cucumis melo*) (Cucurbitaceae), papaya (*Carica papaya*) (Caricaceae), sandía (*Citrullus vulgaris*) (Cucurbitaceae) y zapote (*Matisia cordata*) (Malvaceae).

En la meseta cercana a Santa Fe de Antioquia (Fig. 3) el paisaje se manifiesta dominado por cactáceas y vegetales espinosos y urticantes sobre suelos superficiales y pedregosos, tan degradados en la actualidad que se hace difícil o quizás imposible su recuperación. Esta asociación vegetal está formado por:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Abrus precatorius</i> L.	Fabaceae	Chocho
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	Poaceae	Pasto
<i>Bromelia karatas</i> L.	Bromeliaceae	Piñuela
<i>Bursera tomentosa</i> (Jacq.) Triana & Planch.	Burseraceae	Tatamaco
<i>Cardiospermum corindum</i> L.	Sapindaceae	Globitos



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Salicaceae	Tabaidá
<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur	Euphorbiaceae	Ortiga
<i>Croton hondensis</i> (H. Karst) G. L. Webster	Euphorbiaceae	Mosquero
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	Chilinchil
<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae	
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Rutaceae	Uña de gato
<i>Heliotropium fruticosum</i> L.	Boraginaceae	
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Algarrobo
<i>Mimosa invisa</i> Mart. ex Colla	Fabaceae	
<i>Opuntia elatior</i> Mill.	Cactaceae	Higo, tuna
<i>Psidium guineense</i> Sw.	Myrtaceae	Guayabo

Algunas especies vegetales que se observan en el área de Santa Fe de Antioquia son:

- En las vegas y terrazas de los ríos Cauca y Tonusco:
limonacho (*Achatocarpus nigricans*) (Achatocarpaceae), bledo (*Amaranthus spinosus*) (Amaranthaceae), *Anoda cristata* (Malvaceae), *Eleutheranthera tenella* (Asteraceae), *Blechnum pyramidatum* (Acanthaceae), ceiba (*Ceiba* sp.) (Malvaceae), indio desnudo (*Bursera simaruba*) (Burseraceae), cañafístula (*Cassia grandis*) (Fabaceae), *Corchorus hirtus* (Malvaceae), *Desmanthus virgatus*, *Senna occidentalis*, *Senna obtusifolia* (Fabaceae), *Euphorbia heterophylla* (Euphorbiaceae), matarratón (*Gliricidia sepium*) (Fabaceae), volador (*Gyrocarpus americanus*) (Hernandiaceae), *Heliotropium angiospermum* (Boraginaceae), *Hyptis mutabilis* (Lamiaceae), mosquero (*Croton hondensis*) (Euphorbiaceae), venturosa (*Lantana trifolia*) (Verbenaceae), *Machaerium goudoti*, dormidera (*Mimosa pudica*) (Fabaceae), cundeamor (*Momordica charantia*) (Cucurbitaceae), *Physalis angulata* (Solanaceae), trébol (*Platymiscium pinnatum*) (Fabaceae), *Portulaca pilosa* (Portulacaceae), *Piper peltatum* (Piperaceae), *Aralia excelsa* (Araliaceae), *Spermocoe confusa* (Rubiaceae), bledo (*Amaranthus hybridus*) (Amaranthaceae), caracolí (*Anacardium excelsum*) (Anacardiaceae), rejalgá (*Asclepias curassavica*) (Apocynaceae), diomate (*Astronium graveolens*) (Fabaceae), *Boerhavia erecta* (Nyctaginaceae), teresita (*Browalia americana*) (Solanaceae), achira (*Canna indica*) (Cannaceae), bejuco (*Cissus verticillata*) (Vitaceae), pasto (*Cynodon dactylon*) (Poaceae), pega pega (*Desmodium tortuosum*) (Fabaceae), junco (*Eleocharis geniculata*) (Cyperaceae), piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) (Fabaceae), *Euphorbia hirta* (Euphorbiaceae), guásimo (*Guazuma ulmifolia*) (Malvaceae), *Heliotropium indicum* (Boraginaceae), algarrobo (*Hymenaea courbaril*) (Fabaceae), *Hippobroma longiflora* (Campanulaceae), *Justicia comata* (Acanthaceae), cordón de fraile (*Leonotis nepetifolia*) (Verbenaceae), zarza (*Mimosa pigra*) (Fabaceae), buenas tardes (*Mirabilis jalapa*) (Nyctaginaceae), *Ocimum micranthum* (Lamiaceae), *Phithecellobium* sp (Fabaceae), *Spananthe paniculata* (Apiaceae), lombricera (*Spigelia anthelmia*) (Loganiaceae), tautano (*Spondias mombin*) (Anacardiaceae), pelá (*Vachellia farnesiana*) (Fabaceae), varasanta (*Triplaris* sp.) (Polygonaceae) y cadillo (*Xanthium stromarium*) (Asteraceae).



- En las lomas de suelos pedregosos y superficiales:
palma de amolao (*Acrocomia aculeata*) (Arecaceae), pasto (*Bouteloua filiformis*) (Poaceae), indio desnudo (*Bursera simaruba*) (Burseraceae), noro (*Byrsonima crassifolia*) (Malpighiaceae), globitos (*Cardiospermum corindum*) (Sapindaceae), dinde (*Maclura tinctoria*) (Moraceae), *Cnidioscolus urens* (Euphorbiaceae), flechero (*Cochlospermum vitifolium*) (Bixaceae), mosquero (*Croton leptostachyus*) (Euphorbiaceae), uña de gato (*Zanthoxylum fagara*) (Rutaceae), *Indigofera lespedezioides* (Fabaceae), venturosa (*Lantana canescens*, *Lantana furcata*) (Verbenaceae), *Manihot carthaginensis* (Euphorbiaceae), *Paullinia cururu* (Sapindaceae), trébol (*Platymiscium pinnatum*) (Fabaceae), espadero (*Myrsine coriacea*) (Primulaceae), damiana (*Turnera ulmifolia*) (Passifloraceae), tachuelo (*Zanthoxylum* sp.) (Rutaceae), diomate (*Astronium graveolens*) (Anacardiaceae), *Capsicum rhomboideum* (Solanaceae), tatamaco (*Bursera tomentosa*) (Burseraceae), olivo, naranjuelo (*Capparis indica*) (Capparaceae), *Casearia corymbosa* (Salicaceae), chagualo (*Clusia* sp.) (Clusiaceae), *Coccoloba* sp. (Polygonaceae), *Cordia* sp. (Boraginaceae), *Cassia* sp. (Fabaceae), coralito (*Hamelia patens*) (Rubiaceae), túa túa (*Jatropha gossypifolia*) (Euphorbiaceae), higo (*Opuntia elatior*) (Cactaceae), *Phyllanthus* sp. (Phyllanthaceae), guayabo (*Psidium guineense*) (Myrtaceae), *Tabernamontana* sp. (Apocynaceae) y pelá (*Vachellia farnesiana*) (Fabaceae).

Otras especies vegetales observadas en la zona de Santa Fe de Antioquia y Sopetrán son:

Achyranthes aspera (Amaranthaceae), *Bouchea prismatica* (Verbenaceae), algodón lechero (*Calotropis procera*) (Apocynaceae), caucho (*Castilla* sp.) (Moraceae), ceiba (*Ceiba pentandra*) (Malvaceae), *Chomelia spinosa* (Rubiaceae), *Amyris pinnata* (Rutaceae), guayacán (*Bulnesia carrapo*) (Zygophyllaceae), iraca (*Carludovica palmata*) (Cyclanthaceae), cedro (*Cedrela odorata*) (Meliaceae), *Chiococca alba* (Rubiaceae), *Citharexylum* sp. (Verbenaceae), totumo (*Crescentia cujete*) (Bignoniaceae), cámbulo (*Erythrina fusca*) (Fabaceae), cedrillo (*Guarea guidonia*) (Meliaceae), piñón (*Jatropha curcas*) (Euphorbiaceae), olla de mono (*Lecythis minor*) (Lecythidaceae), retamo (*Parkinsonia aculeata*) (Fabaceae), *Pisonia* sp. (Nyctaginaceae), *Poponax tortuosa*, *Senegalia riparia* (Fabaceae), almendro ornamental (*Terminalia catappa*) (Combretaceae), surrumbo (*Trema micrantha*) (Cannabaceae), flamboyán, acacia ornamental (*Delonix regia*) (Fabaceae), caucho (*Ficus* sp.) (Moraceae), cacto (*Hylocereus undatus*) (Cactaceae), *Kallstroemia maxima* (Zygophyllaceae), *Melochia pyramidata* (Malvaceae), *Pilocarpus goudotianus* (Rutaceae), *Pogonopus speciosus* (Rubiaceae), *Schmardaea microphylla* (Meliaceae), guayacán ornamental (*Tabebuia rosea*) (Bignoniaceae), cobalongo (*Cascabela thevetia*) (Apocynaceae) y borrajón (*Wigandia urens* var. *caracasana*) (Boraginaceae).

Esta zona del Cauca cuenta con varias poblaciones de relativa importancia y fue el centro de la colonización antioqueña, según se anotó anteriormente. Sus principales poblaciones son: Santa Fe de Antioquia, Sopetrán, San Jerónimo, Liborina, Olaya y Sucre.

De Liborina hacia el norte el río Cauca continúa formando un cañón de laderas empinadas. Por el valle y Puente Pescadero, en el camino hacia Ituango, se cultivan maíz, frijol, plátano, caña de azúcar y yuca. Son árboles comunes:

palma de amolao (*Acrocomia aculeata*) (Arecaceae), indio desnudo (*Bursera simaruba*) (Burseraceae), yarumo (*Cecropia* sp.) (Urticaceae), *Cordia* sp., (Boraginaceae), piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) (Fabaceae), guásimo (*Guazuma ulmifolia*) (Malvaceae), algarrobo (*Hymenaea courbaril*) (Fabaceae), balso (*Ochroma pyramidale*) (Malvaceae), hobo (*Spondias mombin*) (Anacardiaceae), surrumbo (*Trema micrantha*) (Cannabaceae), diomate (*Astronium graveolens*) (Anacardiaceae), velero (*Cassia spectabilis*) (Fabaceae), cedro (*Cedrela odorata*) (Meliaceae), totumo (*Crescentia cujete*) (Bignoniaceae), matarratón (*Gliricidia sepium*) (Fabaceae), mil pesos (*Oenocarpus bataua*) (Arecaceae), ceiba blanca (*Hura crepitans*) (Euphorbiaceae), chitato (*Muntingia calabura*) (Muntingiaceae), trébol (*Platymiscium pinnatum*) (Fabaceae) y *Aralia excelsa* (Araliaceae).

La formación bs-T del cañón del Cauca termina hacia el norte antes de Puerto Valdivia.

3.1.2 Zona de Dabeiba

Como un enclave seco de una región húmeda aparece el Bosque Seco Tropical entre las poblaciones de Uramita y Dabeiba, en un abrupto cañón en donde las condiciones especiales de topografía determinan circulaciones locales de vientos que producen una disminución en la lluvia. Las laderas aparecen cubiertas con rastrojos, pastos y cultivos de maíz y frijol y son árboles comunes:

palma de amolao (*Acrocomia aculeata*) (Arecaceae), diomate (*Astronium graveolens*) (Anacardiaceae), tatamo (*Bursera tomentosa*) (Burseraceae), chagualo (*Clusia* sp.) (Clusiaceae), chitato (*Muntingia calabura*) (Muntingiaceae), caracolí (*Anacardium excelsum*) (Anacardiaceae), indio desnudo (*Bursera simaruba*) (Burseraceae), totumo (*Crescentia cujete*) (Bignoniaceae), matarratón (*Gliricidia sepium*) (Fabaceae) y varasanta (*Triplaris* sp.) (Polygonaceae).

Las tierras del Bosque Seco Tropical son potencialmente aptas para muchos cultivos en forma intensiva, zonas ganaderas de alta producción y fuente de gran variedad de árboles frutales y maderables de gran estimación. Debido a la elevada evapotranspiración y a la no muy abundante lluvia, en algunas regiones se puede presentar falta de agua para cultivos y pastos durante las épocas de verano, lo que hace necesario el uso de riego. Es notoria la escasez de árboles maderables en estas áreas y sería muy conveniente fomentar las reforestaciones con especies nativas. Un árbol exótico de madera valiosa que prospera bien en este clima es la teca (*Tectona grandis*) (Lamiaceae).

3.2 Bosque Húmedo Tropical (bh-T) - Tierra Caliente Húmeda

En general, esta formación tiene como límites climáticos una biotemperatura superior a 24 °C y un promedio anual de lluvias entre 2.000 y 4.000 mm, y ocupa una faja que va desde el nivel del mar hasta unos 900 m aproximadamente.

El Bosque Húmedo Tropical se encuentra en Antioquia en las siguientes regiones: valle del Magdalena, Bajo Cauca, cañón del río Porce, cañón del río Sucio y región de Urabá, según se describe a continuación:

3.2.1 Valle del Magdalena

Ocupa esta formación el valle del Magdalena Medio en una zona aluvial plana y sometida a frecuentes inundaciones, seguida por una serie de ondulaciones de pendientes suaves o fuertes, para más adelante hacerse la topografía más pendiente al irse estructurando la Cordillera Central.

Entre Puerto Berrío y La Dorada, la parte plana y ondulada está dedicada a la ganadería con potreros de guinea, y yaraguá uribe (*Urochloa mutica*) (Poaceae) y cultivos de maíz, plátano y arroz. Hacia la cordillera quedan algunas manchas de monte en proceso de tala.

Varios son los cañones de ríos que llevan sus aguas al Magdalena (Fig. 4): el del río Nus, con caña de azúcar y ganaderías, y el del río Samaná, en los límites con Caldas, de laderas muy pendientes y con cultivos de maíz, caña de azúcar y praderas, de cuya exuberante vegetación se puede anotar:

Acalypha sp. (Euphorbiaceae), peine de mono (*Apeiba membranacea*) (Malvaceae), cedro (*Cedrela odorata*) (Meliaceae), zarro, helecho arbóreo (*Cyathea* sp.) (Cyatheaceae), pisquín (*Albizia carbonaria*) (Fabaceae), yarumo (*Cecropia* sp.) (Urticaceae), pacó (*Cespedesia spathulata*) (Ochnaceae), algarrobo (*Hymenaea courbaril*), guamo (*Inga* sp.) (Fabaceae), *Miconia* sp. (Melastomataceae), cedrillo (*Tapiroira guianensis*) (Anacardiaceae), carate (*Vismia* sp.) (Hypericaceae), chingalé (*Jacaranda copaia*) (Bignoniaceae), cordoncillo (*Piper* sp.) (Piperaceae) y pringamosa (*Urera baccifera*) (Urticaceae).

Debido a la influencia del sistema ferroviario, que operó con mucha efectividad en el pasado, y de la carretera Medellín-Puerto Berrío, la población del valle del Magdalena ha tenido un aumento progresivo en los últimos años. La ciudad principal es Puerto Berrío y en la vía a La Dorada, Puerto Nare y Puerto Triunfo, a lo largo del ferrocarril que une a Puerto Berrío y Medellín, existen poblaciones localizadas en esta formación como Caracolí (Fig. 5), Virginia y San José del Nus, entre las principales.



3.2.2 Bajo Cauca

El Bosque Húmedo Tropical de la cuenca del río Cauca se inicia un poco al sur de Puerto Valdivia (Fig. 6), en donde el río continúa encañonado para ir ampliando su valle por los lados del municipio de Cáceres y terminar formando una planicie que se extiende por las sabanas del departamento de Bolívar. Separada por una serranía se encuentra la hoya hidrográfica del río Nechí, que desemboca en el río Cauca cerca de los límites con el departamento de Bolívar. Esta región húmeda poco a poco va siendo transformada en área ganadera y de sus antiguos montes no es mucho lo que subsiste. Entre sus árboles comunes están:

caracolí (*Anacardium excelsum*) (Anacardiaceae), peine de mico (*Apeiba tibourbou*) (Malvaceae), cagüi (*Caryocar glabrum*) (Caryocaraceae), cedro (*Cedrela odorata*) (Meliaceae), pacó (*Cespedesia spathulata*) (Ochnaceae), flechero (*Cochlospermum orinocense*) (Bixaceae), tamarindo (*Dialium guianense*), cámbulo (*Erythrina fusca*) (Fabaceae), caucho (*Ficus* sp.), (Moraceae), yaya (*Guatteria* sp.) (Annonaceae), ceiba blanca, (*Hura crepitans*) (Euphorbiaceae), mil pesos (*Oenocarpus bataua*) (Arecaceae), guamo (*Inga* sp.) (Fabaceae), chingalé (*Jacaranda copaia*) (Bignoniaceae), *Ochoterena colombiana* (Anacardiaceae), peine de mico (*Apeiba membranacea*) (Malvaceae), guayabo (*Bellucia pentamera*) (Melastomataceae), yarumo (*Cecropia peltata*) (Urticaceae), ceiba (*Ceiba pentandra*) (Malvaceae), *Coccoloba* sp. (Polygonaceae), *Cordia* sp. (Boraginaceae), pata de gallina (*Schefflera morototoni*) (Araliaceae), coco cristal (*Eschweilera* sp.) (Lecythidaceae), matarratón (*Gliricidia sepium*) (Fabaceae), guásimo (*Guazuma ulmifolia*) (Malvaceae), algarrobo (*Hymenaea courbaril*) (Fabaceae), *Isertia haenkeana* (Rubiaceae), guásimo colorado (*Luehea seemannii*), balso (*Ochroma pyramidale*) (Malvaceae), tananeo (*Peltogyne* sp.) (Fabaceae), cordoncillo (*Piper grande*) (Piperaceae), anime (*Protium* sp.) (Burseraceae), tambor (*Schizolobium parahyba*) (Fabaceae), hobo (*Spondias mombin*) (Anacardiaceae), *Terminalia* sp. (Combretaceae), *Trichospermum mexicanum* (Malvaceae), soto (*Virola sebifera*) (Myristicaceae), carate (*Vismia* sp.) (Hypericaceae), *Phyllanthus* sp. (Phyllanthaceae), cativo (*Prioria copaifera*) (Fabaceae), *Quararibea pterocalyx* (Malvaceae), *Simarouba* sp. (Simarouba-

Figura 4.
Vista del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) en el cañón del río Claro, valle del Río Magdalena, en cercanías del municipio de San Luis. (foto: Saúl Ernesto Hoyos)



ceae), cedrillo (*Tapirira guianensis*) (Anacardiaceae), surrumbo (*Trema micrantha*) (Cannabaceae) y vara santa (*Triplaris* sp.) (Polygonaceae).

Varias son las poblaciones establecidas en esta parte húmeda; entre ellas están: Puerto Valdivia (Fig. 6 y 7), Cáceres, Caucasia, Nechí, Zaragoza, Segovia y Remedios.

En el cañón del Cauca, de Supía a Puerto Valdivia, se observan algunas áreas que se pueden clasificar como bh-T cerca de los ríos Arquía, Bolívar y San Andrés.

3.2.3 Cañón del río Porce

La formación de bh-T del río Porce se puede considerar iniciada por las tierras en donde el río Grande descarga sus aguas en el río Porce, más adelante del municipio de Barbosa, para continuar por la hoya del río Porce hasta unirse con las zonas ya vistas de los ríos Cauca y Nechí.

De gran riqueza aurífera, las vegas del río Porce han sido explotadas intensivamente lo que ha inutilizado para la agricultura parte de las tierras planas. Hasta donde es conveniente, en un país con no mucho suelo “de vega”, destruir así lo poco que tiene es difícil de precisar. El oro produce a estas regiones riqueza momentánea, mas los suelos bien explotados son factor de riqueza y bienestar para muchas generaciones.

En esta zona del cañón se ven hoy ganaderías, algo de caña de azúcar y manchas de bosque natural. Los potreros se enmalezan rápidamente con salvia (*Austroeupeatorium inulifolium*) (Asteraceae), carate (*Vismia* sp.) (Hypericaceae), rabo de zorro (*Andropogon bicornis*) (Poaceae), helechos (cyatheáceas) y arbustos (melastomátaceas, verbenáceas, malváceas, rubiáceas) para formar asociaciones; en las orillas del río se ven comunidades de sauce playero (*Tessaria integrifolia*) (Asteraceae) (Fig. 8).

Figura 5.

Vista de la cabecera del municipio de Caracolí, vertiente oriental de la Cordillera Central, Bosque Húmedo Tropical (bh-T) antropizado. (foto: Álvaro Idárraga).

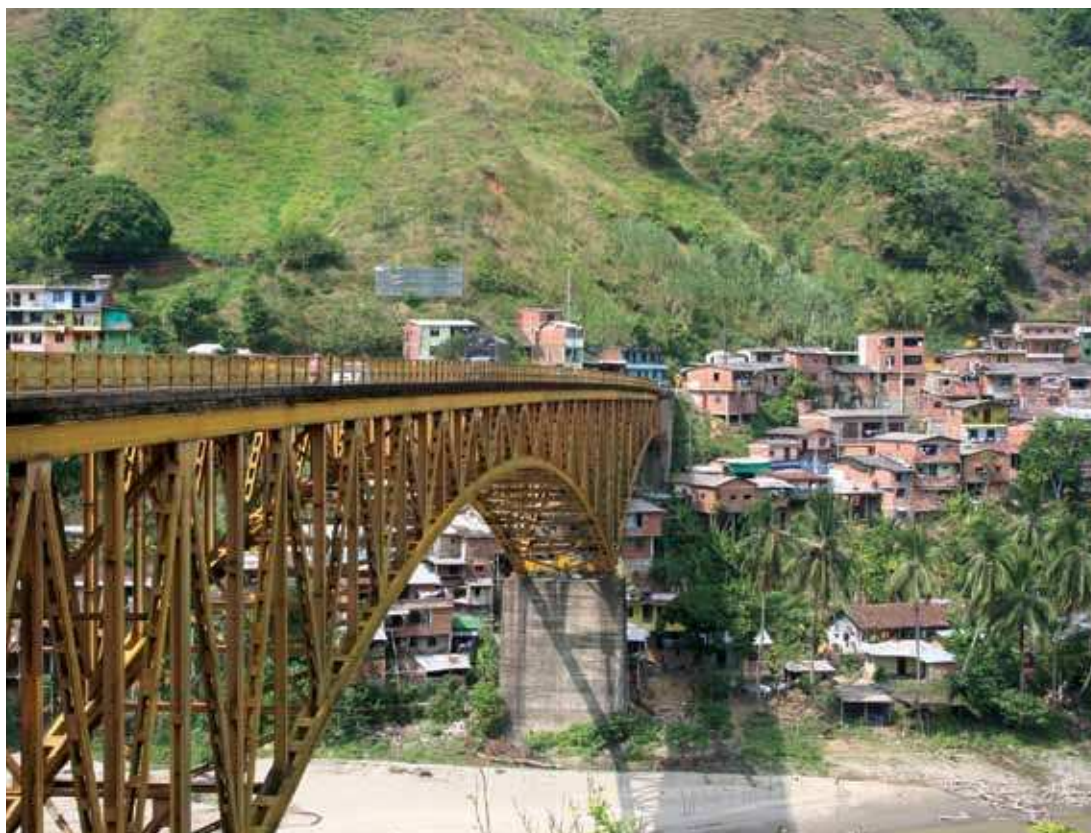




Entre los árboles y arbustos de la región del Porce se pueden señalar:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	Fabaceae	Carbonero
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	Salicaceae	
<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	Melastomataceae	Guayabo de monte
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro
<i>Celtis</i> sp.	Ulmaceae	
<i>Psychotria poeppigiana</i> Müll-Arg.	Rubiaceae	Beso de negra
<i>Cespedesia spathulata</i> (Ruiz & Pav.) Planch.	Ochnaceae	Pacó
<i>Condaminea corymbosa</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	
<i>Coussapoa magnifolia</i> Trécul.	Urticaceae	Patudo

Figura 6.
Población de Puerto Valdivia (municipio de Valdivia), en la desembocadura del río Espíritu Santo al río Cauca,
Bosque Húmedo Tropical (bh-T). (foto: Álvaro Idárraga).





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	Sapindaceae	Mestizo
<i>Cyphomandra</i> sp.	Solanaceae	
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	Araliaceae	Pata de gallina
<i>Austroeupatorium inulifolium</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	Salvia
<i>Gonzalagunia cornifolia</i> (Kunth) Standl.	Rubiaceae	
<i>Graffenrieda grandifolia</i> Gleason	Melastomataceae	
<i>Guatteria</i> sp.	Annonaceae	Cargadero
<i>Hasseltia floribunda</i> Kunth	Salicaceae	Monte frío
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Malvaceae	Balso
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Algarrobo

Figura 7.

Vista del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) en la desembocadura del río Pescado al río Cauca en el corregimiento de Puerto Valdivia (municipio de Valdivia). (foto: Álvaro Idárraga).





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Hyptidendrum arboreum</i> (Benth.) Harley	Lamiaceae	Gallinazo
<i>Ilex</i> sp.	Aquifoliaceae	
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Fabaceae	Guamo
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae	Chingalé
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Lacistemataceae	Café de monte
<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch.	Malvaceae	Guásimo colorado
<i>Machaerium</i> sp.	Fabaceae	
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	Niguito
<i>Miconia pteropoda</i> Benth.	Melastomataceae	
<i>Ochoterena colombiana</i> F.A. Barkley	Anacardiaceae	Cedrillo
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Lauraceae	Laurel
<i>Ormosia</i> sp.	Fabaceae	Chocho
<i>Ouratea</i> sp.	Ochnaceae	
<i>Palicourea triphylla</i> DC.	Rubiaceae	
<i>Pera arborea</i> Mutis	Peraceae	
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Asteraceae	Gallinazo
<i>Pourouma bicolor</i> Mart.	Urticaceae	Cirpe
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	Espadero
<i>Sabicea cana</i> Hook.	Rubiaceae	
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	
<i>Siparuna</i> sp.	Siparunaceae	Limoncillo
<i>Souroubea guianensis</i> Aubl.	Marcgraviaceae	
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	
<i>Tococa guianensis</i> Aubl	Melastomataceae	



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC) Baill	Malvaceae	
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Moraceae	
<i>Vantanea magdalensis</i> Cuatrec.	Humiriaceae	Marfil
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae	
<i>Vismia tomentosa</i> Ruiz & Pav.	Hypericaceae	Carate
<i>Vochysia</i> sp.	Vochysiaceae	
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	

3.2.4 Cañón del río Sucio

Cerca de Dabeiba se encuentra una faja del cañón del río Sucio, clasificado como Bosque Húmedo Tropical (bh-T), que se extiende un poco hacia los lados de Frontino, pero esta población se encuentra en el Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM).

Los cultivos perdominantes son de caña de azúcar, maíz y pastos. Después del Bosque Seco de Uramita y Dabeiba ya descrito, se inicia un bh-T que ocupa una parte del cañón del río Sucio, profundo y de fuertes pendientes, cubierto de bosque y que aumenta en humedad a medida que avanza hacia la hoya del río Atrato.

3.2.5 Región de Urabá

La parte que corresponde a la formación bh-T está comprendida entre la serranía de Abibe y la hoya del Atrato, prolongándose por el golfo de Urabá hasta los límites con los departamentos de Chocó y Córdoba. Se puede considerar que la formación se inicia en las inmediaciones de Chigorodó y se extiende por la zona occidental de la serranía de Abibe hasta el mar Caribe.

Existen cultivos de arroz, banano, palma africana, plátano, algodón, yuca y maíz. La ganadería ocupa buena parte de la zona con potreros de guinea y pará. La región es de gran riqueza maderera que, bien explotada, representaría una de las mejores fuentes de dinero para los agricultores. Se observa hoy una tala incontrolada de bosques hacia los lados de la serranía, la cual traerá serios problemas cuando se trate de hacer agricultura intensiva en las partes planas, entre ellos graves inundaciones.

A lo largo de la costa del golfo y en una franja pequeña existen los manglares en terrenos inundados por aguas del mar (Fig. 9):

Dichos manglares, caracterizados por sus raíces aéreas formadas por fúlcreos o zancos y raíces terrífugas, están compuestos en su mayor parte por: mangle rojo (*Rhizophora mangle*) (Rhizophoraceae), mangle bobo (*Laguncularia racemosa*) (Combretaceae), iguanero (*Avicennia germinans*) (Acanthaceae), *Conocarpus erectus* (Combretaceae).

Asociado con los manglares se encuentra un helecho llamado mano de tigre (*Acrostichum aureum*) (Pteridaceae).



En los bancos de los ríos se establece el arracacho (*Montrichardia arborescens*) (Araceae) y en los terrenos pantanosos aparece el panganal, con abundancia de la palma pangana (*Raphia taedigera*) (Arecaceae).

259

Algunos de los árboles comunes en esta zona son:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels	Anacardiaceae	Caracolí
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	Indio desnudo
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Moraceae	Caucho
<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Bonpl.) Kunth	Malvaceae	Ceiba bruja, macondo
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Yarumo
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	Ceiba
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro
<i>Couropita guianensis</i> Aubl.	Lecythidaceae	Bala de cañón

Figura 8.

Valle del río Porce en inmediaciones del municipio de Yolombó; en primer plano: zona de humedales (bh-T/bh-PM). (foto: Álvaro Idárraga).





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	Drago
<i>Erythrina</i> sp.	Fabaceae	Cámbulo
<i>Eschweilera</i> sp.	Lecythidaceae	Olla de mono
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	Caucho
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Jagua
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Malvaceae	Guásimo
<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	Ceiba blanca
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Guamo
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae	Chingalé
<i>Lecythis</i> sp.	Lecythidaceae	Olla de mono

Figura 9.

Zona de manglar, una azonalidad del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) en el Golfo de Urabá, región de Urabá.

En primer plano: plántulas de *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae).

(foto: Juan Felipe Blanco).





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch.	Malvaceae	Guásimo
<i>Nectandra</i> sp.	Lauraceae	Laurel
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb	Malvaceae	Balso
<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Fabaceae	Capitancillo
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Quararibea</i> sp.	Malvaceae	Zapotillo
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Malvaceae	Camajón
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A.DC.	Bignoniaceae	Roble
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Zurumbo
<i>Virola</i> sp.	Myristicaceae	Sebo
<i>Vismia</i> sp.	Hypericaceae	Carate

La población de esta zona de Urabá aumenta actualmente en forma considerable y cuenta hoy con municipios como Turbo y Necoclí, Apartadó y Chigorodó. A lo largo de la carretera se ven poblaciones como Currulao, Río Grande.

El desarrollo económico en las zonas que pertenecen a esta zona de vida es una de las necesidades del departamento. Potencialmente, la formación bh-T representa una gran riqueza, explotada la tierra con las condiciones climáticas, topográficas y del suelo. Es necesario conocer estas últimas para poder hacer una planeación que permita obtener la mayor producción sin destruir los recursos naturales.

Los cultivos semipermanentes o arbóreos tienen aquí muy buenos rendimientos, entre ellos cacao, banano y plátano.

Las maderas podrían ser la base de una gran industria siempre y cuando se explote el bosque como si fuera un cultivo y no como algo que estorba y es necesario destruir. Para el arroz las condiciones climáticas son favorables. En Antioquia esta formación se usa principalmente para la ganadería y de ahí la importancia de hacerla con el mejor manejo posible, pues no se justifica tener cultivos extensivos en donde se les debe hacer en forma intensiva para aprovechar al máximo el terreno mecanizable.

3.3 Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T) - Tierra Caliente Muy Húmeda

Corresponde esta formación a zonas con biotemperatura superior a 24 °C y promedio anual de precipitación entre 4.000 y 8.000 mm.

En Villa Arteaga (Fig. 10), cerca del municipio de Mutatá, se tiene apreciable cantidad de lluvia durante todo el año. Los meses más secos son enero, febrero y marzo, y los más húmedos septiembre, octubre y noviembre.

El Bosque Muy Húmedo Tropical aparece en Antioquia en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental. Se inicia al occidente de Dabeiba y continúa por las estribaciones de la serranía de Abibe para



terminar hacia los lados de Chigorodó. Un poco hacia el sur de la serranía se extiende por los valles de los ríos León, Sucio y Atrato. Además, esta zona de vida se presenta en las laderas que bajan hacia el río Magdalena.

Debido a su alta lluviosidad no es formación para establecer cultivos anuales y los pocos que se ven aparecen de una pobreza extrema, con un relativo rendimiento en la primera cosecha, para terminar con la necesidad de abandonar el suelo dejándolo totalmente lavado y erosionado. En su mayoría los terrenos están en bosque con algunas zonas pequeñas en ganadería. Las caucheras de Villa Arteaga, de buena producción antiguamente, funcionan con dificultad. A lo largo de los ríos y en una zona sometida a periódicas inundaciones se encuentra una faja de monte llamada “Catival”, formada por la asociación casi homogénea de cativo (*Prioria copaifera*) (Fabaceae) acompañada de algunos árboles de güino (*Carapa guianensis*) (Meliaceae) y *Pterocarpus officinalis* (Fabaceae).

En la zona de Villa Arteaga (Urabá) algunos árboles comunes observados en el curso de dendrología dictado por el Dr. Holdridge fueron:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Aegiphila</i> sp.	Lamiaceae	
<i>Alchornea</i> sp.	Euphorbiaceae	
<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels	Anacardiaceae	Caracolí
<i>Andira</i> sp.	Fabaceae	Avinge
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Malvaceae	Peine de mono
<i>Bauhinia</i> sp.	Fabaceae	Pata de vaca
<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Achiote
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken ex J. Presl.	Moraceae	Perillo
<i>Brownea</i> sp.	Fabaceae	Palo de cruz
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	Indio desnudo
<i>Calliandra</i> sp.	Fabaceae	Carbonero
<i>Cariniana pyriformis</i> Miers	Lecythidaceae	Abarco
<i>Cassia reticulata</i> Willd.	Fabaceae	Dorancé
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Moraceae	Caucho negro
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Yarumo
<i>Cedrela</i> sp.	Meliaceae	Cedro
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	Ceiba



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Centrolobium</i> sp.	Fabaceae	
<i>Cespedesia spatulatha</i> (Ruiz & Pav.) Planch.	Ochnaceae	Pacó
<i>Clarisia</i> sp.	Moraceae	
<i>Clusia</i> sp.	Clusiaceae	Chagualo
<i>Coccoloba</i> sp.	Polygonaceae	
<i>Cochlospermum vitifolium</i> Willd.	Bixaceae	Flechero
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Canalete
<i>Dipteryx oleifera</i> Benth.	Fabaceae	Choibá
<i>Coussapoa</i> sp.	Urticaceae	
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	

Figura 10.

Alrededores de Villa Arteaga (municipio de Mutatá), región de Urabá, en la zona de vida del Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T). (foto: Álvaro Idárraga).





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Diospyros</i> sp.	Ebenaceae	
<i>Dilodendron costaricense</i> (Radlk.) A.H. Gentry & Steyerl.	Sapindaceae	Loro
<i>Otoba</i> sp.	Myristicaceae	Otoba
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl & Frodin	Araliaceae	Pata de gallina
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook.	Fabaceae	Cámbulo
<i>Eschweilera</i> sp.	Lecythidaceae	Olla de mono
<i>Ficus</i> sp	Moraceae	Caucho
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Jagua
<i>Guarea pterorhachis</i> Harms	Meliaceae	Cedro macho
<i>Guatteria</i> sp	Annonaceae	Cargadero
<i>Hampea</i> sp	Malvaceae	
<i>Huberodendron patinoi</i> Cuatrec.	Malvaceae	Carrá
<i>Hura crepitans</i> L	Euphorbiaceae	Arenillo
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae	Pantano
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl.) Willd.	Fabaceae	Guamo
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae	Chingalé
<i>Jacaratia</i> sp.	Caricaceae	Papayuela
<i>Lacmellea</i> sp.	Apocynaceae	
<i>Ladenbergia</i> sp.	Rubiaceae	
<i>Licania</i> sp.	Chrysobalanaceae	
<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch.	Malvaceae	Guásimo
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	Colorado
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	Cacao de monte
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	Laurel
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Malvaceae	Cacao de monte



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Peltogyne</i> sp.	Fabaceae	Nazareno
<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Fabaceae	Capitancillo
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	Fabaceae	Trébol
<i>Pourouma</i> sp.	Urticaceae	Yarumo
<i>Pouteria</i> sp.	Sapotaceae	
<i>Protium</i> sp.	Burseraceae	Anime
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Fabaceae	
<i>Quararibea</i> sp.	Malvaceae	Remo
<i>Sapium</i> sp.	Euphorbiaceae	
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Fabaceae	Tambor
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	
<i>Siparuna</i> sp.	Siparunaceae	Limón de monte
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	
<i>Spondias</i> sp.	Anacardiaceae	
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC.	Bignoniaceae	Roble
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Combretaceae	
<i>Trema micrantha</i> L.	Cannabaceae	Zurrumbo
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	Malvaceae	
<i>Triplaris</i> sp.	Polygonaceae	Vara santa
<i>Turpinia</i> sp.	Staphyleaceae	Mantequillo
<i>Vantanea</i> sp.	Humiriaceae	
<i>Virola</i> sp.	Myristicaceae	Sebo
<i>Vismia</i> sp.	Hypericaceae	Carate
<i>Vitex cooperi</i> Standl.	Lamiaceae	Trúngalo negro



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Vochysiaceae	
<i>Xylopia</i> sp.	Annonaceae	
<i>Zanthoxylum</i> sp.	Rutaceae	Tachuelo

La zona es de baja densidad de población y cuenta sólo con pequeños poblados, situados en su mayoría a lo largo de la carretera que va hacia Turbo, entre los cuales están: Guapá, Pavarandocito, Mutatá y Murindó, este último situado hacia el Atrato.

Parece aconsejable, debido a tan alta pluviosidad que soportan las tierras situadas en esta formación, mantenerlas en explotación maderera o con ciertos cultivos de tipo arbóreo. La destrucción de los bosques en la parte pendiente es sumamente peligrosa, ya que se elimina la regulación del caudal de los ríos y a su vez, debido a las fuertes lluvias, se acelera en forma grave la erosión de los terrenos.

3.4 Bosque Pluvial Tropical (bp-T) - Tierra Caliente Superhúmeda

Esta formación tiene como límites climáticos generales una biotemperatura superior a los 24 °C y un promedio anual de lluvias superior a los 8.000 mm.

Debido a las dificultades que muestra la hoya del Atrato para una demarcación de la vegetación, la faja pluvial se señala de una manera tentativa. Se tendría en Antioquia una pequeña área de Bosque Pluvial Tropical en las riberas del Atrato, faja esta que es una continuación de la cuenca pluvial de la Costa Pacífica en donde la precipitación es una de las más altas del mundo. Se explica esta situación debido a la influencia de la Cordillera Occidental, al detener y enfriar las masas de aire cargadas de humedad procedentes del Pacífico. El Bosque Pluvial Tropical, según se ha visto en otras localidades, es de un tamaño menor si se le compara con otros bosques tropicales, y tiene como característica una gran abundancia de palmeras de muchos géneros y especies.

Los pocos habitantes de estas regiones se agrupan en los aluviones de los ríos en donde llevan una vida de mera subsistencia, en equilibrio biológico con el medio ambiente.

Las frecuentes inundaciones y la elevada cantidad de lluvia hacen imposible el establecer sistemas agrícolas contrarios a tal medio natural.

El bosque es el mejor sistema de vida para estas zonas; sólo cuando se aprenda a manejarlo racionalmente se podrá obtener de estas tierras un buen rendimiento.

(Nota: En el listado de la flora anexo a esta obra no se incluyó esta zona de vida debido a la dificultad en delimitarla en las planicies del Atrato y a su aparente reducida extensión).

3.5 Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) - Tierra Cafetera Húmeda

Esta formación se encuentra a elevaciones que en general varían entre 900 y 2.000 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm/año. La biotemperatura tiene como límites aproximados 18 y 24 °C.

La precipitación es típicamente bimodal, con un período de menores lluvias entre los meses de diciembre y febrero, para después aumentar la precipitación a partir de marzo para alcanzar el mayor valor en



mayo. Disminuye luego la lluvia en los meses de junio, julio y agosto y nuevamente hay otra estación lluviosa en septiembre, octubre y noviembre.

Se encuentra el Bosque Húmedo Premontano en dos regiones de Antioquia: valle del río Medellín y laderas del cañón del río Cauca.

3.5.1 Valle del río Medellín

Se puede considerar que el bh-PM se inicia un poco al norte del municipio de Caldas y se continúa por el valle del río hasta más adelante de Barbosa (Fig. 11).

La cañabrava (*Gynerium sagittatum*) (Poaceae) forma asociaciones homogéneas en las riberas del río y repartida en matorrales en el valle se ve la zarza o dormidera (*Mimosa pigra*) (Fabaceae). El cámbulo (*Erythrina fusca*) (Fabaceae) aparece usado para cercas vivas y crecen asimismo los carboneros (*Calliandra* sp.) (Fabaceae) y sauces (*Salix humboldtiana*) (Salicaceae). Por los lados del municipio de Bello son comunes el chagualo (*Clusia* sp.) (Clusiaceae), el noro (*Byrsonima crassifolia*) (Malpighiaceae), los mortiños (*Clidemia capitellata*, *C. rubra*, *Miconia albicans*, *M. rubiginosa*) (Melastomataceae), el guayabo (*Psidium guineensis*) (Myrtaceae) y el gallinero blanco (*Gleichenella pectinata*) (Gleicheniaceae).

La parte plana que corresponde a las vegas del río Medellín se cultiva desde hace años con caña de azúcar y las laderas del valle se dedican en parte a café, maíz, plátano y ganadería.

En la parte central está localizada la zona industrial de Antioquia y en ella se concentra la mayoría de la población del departamento en municipios tales como Medellín, Itagüí, Sabaneta, Envigado, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa (Fig. 12).

3.5.2 Laderas del cañón del río Cauca

Al ascender desde el fondo del cañón del río Cauca hacia las cimas de las cordilleras, el clima va cambiando gradualmente hacia las formaciones más húmedas. Se inicia en las vertientes de las cordilleras una faja de Bosque Húmedo Premontano que sirve de marco al Bosque Seco Tropical localizado en el fondo del valle. Comprende esta formación las partes bajas de las estribaciones occidentales de la Cordillera Central y las orientales de la Cordillera Occidental, en dos fajas estrechas que se extienden desde el límite con el departamento de Caldas hasta las cercanías de Valdivia.

La topografía es bastante accidentada, con fuertes pendientes que determinan cañones profundos, como los formados en la parte occidental y en la oriental de Santa Fe de Antioquia.

Los cultivos más comunes en esta formación son: café, caña de azúcar, frijol, maíz, yuca, plátano y pastos forrajeros. A éstos se pueden agregar algunos árboles frutales como mangos, aguacates, naranjos y limones.

Debido a la gran densidad de población que soportan estas zonas del Bosque Húmedo Premontano, día a día se van agotando más los suelos y sólo una agricultura muy bien planeada podrá impedir su destrucción.

3.6 Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) - Tierra Cafetera Muy Húmeda

En general, esta zona de vida o formación vegetal tiene como límites climáticos una biotemperatura media aproximada entre 18 y 24 °C y un promedio anual de lluvias de 2.000 a 4.000 mm.

Esta formación vegetal está ampliamente distribuida en Antioquia y para un resumen general se desagregarán las siguientes regiones: laderas de los ríos Medellín y Porce, vertiente occidental de la Cordillera Central, vertiente oriental de la Cordillera Occidental, vertiente occidental de la Cordillera Occidental y vertiente oriental de la Cordillera Central.

3.6.1 Laderas de los ríos Medellín y Porce

Hacia el nacimiento del río Medellín, por la población de Caldas, el clima es más húmedo, lo cual permite clasificar estas tierras como Bosque Muy Húmedo Premontano. En parte con cultivos de café, la región está dedicada especialmente a fincas de recreo.

Más adelante de Barbosa, hacia la desembocadura del río Grande, hay otra faja de Bosque Muy Húmedo Premontano, que se extiende por Gómez Plata, Carolina, Angostura y Campamento, en la ladera izquierda del Porce, y por Amalfi, hacia la derecha del mismo.

Las tierras entre Barbosa y el río Porce son inclinadas en las vertientes de la cordillera y planas en las vegas del río. Estas últimas están sembradas con caña de azúcar mientras que las laderas lo están con pastos, caña de azúcar y piña, cultivo éste que ha aumentado considerablemente en esta zona.

La región entre Gómez Plata y Campamento, que corresponde a las estribaciones de la Cordillera Central al descender estas hacia los ríos Porce y Nechí, es de fuertes pendientes, con algunos cultivos de café, caña de azúcar, maíz y potreros los cuales se enmalezan rápidamente con la salvia (*Austroeu-patorium inulifolium*) (Asteraceae) y rabo de zorro (*Andropogon bicornis*) (Poaceae). Algunos árboles y arbustos comunes son:

Figura 11.

El Bosque Húmedo Premontano (bh-PM). Vista panorámica del valle del río Porce en el municipio de Barbosa.
(foto: Álvaro Idárraga).





gusano (*Acalypha macrostachya*) (Euphorbiaceae), pisquín (*Albizia carbonaria*) (Fabaceae), trompeto (*Bocconia frutescens*) (Papaveraceae), carbonero (*Calliandra* sp.) (Fabaceae), yarumo (*Cecropia* sp.) (Urticaceae), *Clethra* sp. (Clethraceae), *Condaminea corymbosa* (Rubiaceae), canaleta, nogal (*Cordia alliodora*) (Boraginaceae), patudo (*Coussapoa* sp.) (Urticaceae), mestizo (*Cupania* sp.) (Sapindaceae), chachafruto (*Erythrina edulis*) (Fabaceae), caucho (*Ficus* sp.) (Moraceae), lanzo (*Inga spectabilis*) (Fabaceae), (*Miconia caudata*), nigüito (*Miconia* sp.) (Melastomataceae), aguacatillo (*Persea caerulea*) (Lauraceae), cordoncillo (*Piper* sp.) (Piperaceae), dulumoco (*Saurauia* sp.) (Actinidaceae), chirlobirlo (*Tecoma stans*) (Bignoniaceae), manzanillo (*Toxicodendron striatum*) (Anacardiaceae), zurrumbo (*Trema micrantha*) (Cannabaceae) y quiebra barrigo (*Trichanthera gigantea*) (Acanthaceae).

Hacia las tierras de Amalfi, el bmh-PM está dedicado a la ganadería y en parte está cubierto con montes en proceso de deforestación.

3.6.2 Vertiente occidental de la Cordillera Central

Comprende esta zona las tierras que vierten sus aguas al río Cauca por su margen derecha y se extiende desde los límites con el departamento de Caldas hasta volver a encontrar el bmh-PM de los municipios de Campamento y Gómez Plata.

La topografía es en general escarpada, con laderas empinadas que se cruzan en todas direcciones y forman profundas gargantas.

Es la región más cafetera del departamento con el municipio de Fredonia en primer plano; se cultiva además en gran cantidad la caña de azúcar. Otros cultivos predominantes son: plátano, maíz, yuca, frijol y hortalizas. Abundan los árboles frutales como mangos, naranjos, limones, otros cítricos, zapote,

Figura 12.

Vista de la ciudad de Medellín (2010), situada sobre el Valle de Aburrá en la zona de vida del Bosque Húmedo Premontano (bh-PM). (foto: Álvaro Idárraga).





madroño, aguacate, papayas, tomate de árbol y pomo. Parte de las tierras están dedicadas a la ganadería con potreros de yaraguá (*Melinis minutiflora*) (Poaceae) y asimismo se cultivan pastos de corte como el imperial (*Axonopus scoparius*) y el elefante (*Pennisetum purpureum*) (Poaceae).

Hacia el sur se presenta una fuerte concentración de población en los municipios de Fredonia, Santa Bárbara, Angelópolis, Amagá, Venecia, Armenia, Heliconia y Titiribí. La zona norte es menos poblada, con Valdivia como el centro más importante.

3.6.3 Vertiente oriental de la Cordillera Occidental

Región montañosa y pendiente como la anterior, abarca las tierras de la margen izquierda del Cauca, desde el extremo sur del departamento hasta las estribaciones de la serranía de Ayapel. En algunos cañones el Bosque Muy Húmedo Premontano se inicia casi en los límites con la formación tropical, como sucede en los ríos Bolívar y Piedras, pero en general la faja de Bosque Húmedo Premontano es un poco amplia.

Similar en agricultura a la zona anterior, predominan aquí el café, la caña de azúcar, el maíz, la yuca, el plátano, los potreros de yaraguá y los árboles frutales ya vistos para la margen derecha del Cauca.

Las vegetaciones que se observan en las dos laderas del río Cauca y correspondientes a la formación Bosque Muy Húmedo Premontano son muy semejantes. A continuación se da una lista de árboles y arbustos comunes en estas regiones:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Acalypha macrostachya</i> Jacq.	Euphorbiaceae	
<i>Adenaria floribunda</i> Kunth	Lythraceae	Chaparral
<i>Aiphanes horrida</i> (Jacq.) Burret	Arecaceae	Corozo
<i>Albizia carbonaria</i> Britton	Fabaceae	Pisquín
<i>Alchornea</i> sp.	Euphorbiaceae	Escobo
<i>Asclepias curassavica</i> L.	Apocynaceae	Rajalgar
<i>Boehemeria caudata</i> Sw.	Urticaceae	
<i>Cassia reticulata</i> Willd.	Fabaceae	Dorancé
<i>Cassia spectabilis</i> DC.	Fabaceae	Velero
<i>Calliandra</i> sp.	Fabaceae	Carbonero
<i>Condaminea corymbosa</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Canalete, nogal
<i>Cupania</i> sp.	Sapindaceae	Tostao
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Fabaceae	Chachafruto



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Fabaceae	Cámbulo
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	Rubiaceae	Coralito
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	Malvaceae	Balso blanco
<i>Helosis cayennensis</i> (Sw.) Spreng.	Balanophoraceae	Velacho
<i>Inga densiflora</i> Benth.	Fabaceae	Guamo
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	Guamo santaferño
<i>Miconia caudata</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	Lanzo
<i>Miconia theizans</i> (Bonpl.) Cogn.	Melastomataceae	Nigüito
<i>Montanoa quadrangularis</i> Sch. Bip.	Asteraceae	Arboloco, camargo
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	Balso
<i>Ormosia</i> sp.	Fabaceae	Chocho
<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.	Lauraceae	Aguacatillo
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	Espadero
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	Higuerillo
<i>Saurauia choriophylla</i> R.E. Schult. & Gut.	Actinidaceae	Dulumoco
<i>Tabebuia chrysantha</i> G. Nicholson	Bignoniaceae	Guayacán
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Bignoniaceae	Guayacán rosado
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	Flor amarillo
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Zurrumbo
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	Pringamosa
<i>Warszewiczia coccinea</i> (Vahl) Klotzsch	Rubiaceae	Barba de gallo

En este bmh-PM, las malezas halladas en los cafetales de la región de El Cedrón, municipio de Pueblorrico, fueron:

manrubio (*Ageratum conyzoides*), cadillo, masequia (*Bidens pilosa*, *Chaptalia nutans*) (Asteraceae), moradita (*Cuphea carthagenensis*, *C. racemosa*) (Lythraceae), amor seco, pega pega (*Desmodium in-*

tortum) (Fabaceae), *Erechtites valerianifolius* (Asteraceae), besitos (*Impatiens walleriana*) (Balsaminaceae), *Marsypianthes chamaedrys* (Lamiaceae), *Oxypetalum cordifolium* (Apocynaceae), *Richardia scabra* (Rubiaceae), gusanillo (*Setaria parviflora*) (Poaceae), escobadura (*Sida acuta*) (Malvaceae), arracachuela, popillo (*Spananthe paniculata*) (Apiaceae), *Tripogandra serrulata* (Commelinaceae), *Arenaria lanuginosa* (Caryophyllaceae), teresita (*Browalia americana*) (Solanaceae), *Commelina diffusa* (Commelinaceae), golondrina (*Drymaria cordata*) (Caryophyllaceae), *Hyptis atrorubens* (Lamiaceae), batatilla (*Ipomoea* sp.) (Convolvulaceae), fruta de culebra (*Melothria* sp.) (Cucurbitaceae), *Pavonia spinifex* (Malvaceae), *Phyllanthus niruri* (Phyllanthaceae), yerbamora (*Jaltomata procumbens*) (Solanaceae), *Sigesbeckia jorullensis* (Asteraceae), mancadera (*Solanum atropurpureum*) (Solanaceae), colombiana, susana (*Thunbergia alata*) (Acanthaceae) y cadillo (*Triumfetta bogotensis*) (Malvaceae).

Los potreros se enmalezan fuertemente con rabo de zorro (*Andropogon bicornis*) (Poaceae), salvia (*Austroeuatorium inulifolium*) (Asteraceae) y helecho (*Pteridium arachnoideum*) (Pteridaceae). Entrelazadas con los cafetales crecen matas de guadua (*Guadua angustifolia*) (Poaceae), siguiendo los cursos de agua aparecen los sauces playeros (*Tessaria integrifolia*) (Asteraceae) y la cañabrava (*Gynenrium sagittatum*) (Poaceae), y en las cercas se levantan lecheros (*Euphorbia cotinifolia*) (Euphorbiaceae) y quiebrabarrigos (*Trichanthera gigantea*) (Acanthaceae).

La población de esta zona se reparte de una manera parecida a como lo hace en la margen derecha del Cauca. Al sur hay buen número de poblaciones de importancia tales como Támesis, Jericó, Pueblorrico, Tarso, Andes, Salgar, Ciudad Bolívar, Jardín, Betania y Betulia. Más hacia el norte disminuye la población y son sus centros principales Caicedo, Giraldo, Buriticá e Ituango.

3.6.4 Vertiente occidental de la cordillera Occidental

La formación Bosque muy Húmedo Premontano (bmh-PM) se presenta en la parte occidental del departamento en las regiones de Cañasgordas y Urrao (Fig. 13).

El río Cañasgordas y sus afluentes que más adelante forman el río Sucio, descienden de la cordillera por una cuenca profunda en una zona con cultivos de café, caña de azúcar, maíz, plátano, pastos para el forrajeo, y una vegetación más o menos igual a la descrita en la vertiente occidental. Al continuar por las tierras de Frontino, regadas por los ríos Frontino y Herradura, la topografía se hace más suave pero la humedad va aumentando a medida que se sube hacia las vertientes del páramo de Frontino. En las cercanías de la población se cultivan caña de azúcar, maíz y pastos para el forrajeo.

El valle del río Penderisco, en donde se encuentra Urrao, es una zona plana, cruzada por el río que describe numerosos meandros y está dedicada en su mayoría a la ganadería con algo de café y maíz.

3.6.5 Vertiente oriental de la Cordillera Central

El Bosque Muy Húmedo Premontano se encuentra en la parte oriental del departamento a todo lo largo de las estribaciones de la Cordillera Central en la vertiente hacia el río Magdalena. Formada por numerosos ramales y repliegues de la cordillera, la zona es montañosa y está cruzada por numerosos ríos que forman gargantas profundas y escarpadas (Fig. 14).

Después de cruzar el páramo de Sonsón se entra a tierras del municipio de Nariño, muy pendientes, con cultivos de café, caña de azúcar, plátano, maíz y potreros de yaraguá. Hay abundancia de malezas y rastros con mucho chusque y helechos. Algunos de sus árboles son:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Acalypha macrostachya</i> Jacq.	Euphorbiaceae	



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Albizia carbonaria</i> Britton	Fabaceae	Pisquín
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	Yarumo
<i>Coussapoa</i> sp.	Urticaceae	Patudo
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	Drago
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	Caucho
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Arecaceae	Chontaduro
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	Malvaceae	Pestaña de mula
<i>Inga densiflora</i> Benth.	Fabaceae	Guamo
<i>Iseria alba</i> Sprague	Rubiaceae	
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Malvaceae	Balso
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Zurumbo
<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	Acanthaceae	Nacedero
<i>Vismia</i> sp.	Hypericaceae	Carate

Las regiones que bañan los ríos Nare y Samaná son muy pendientes y húmedas. Hay algo de café, caña de azúcar, maíz y potreros. Abundan las zonas con rastrojo y monte explotado. Es posible que por estos lados se encuentren partes en donde la precipitación sea superior a los 4.000 mm/año.

En esta vertiente se encuentra una parte no muy pendiente en donde están situados El Peñol y Guatapé, con vallecitos estrechos y cultivos de café, caña, maíz y pastos. Aquí la lluvia no es tan elevada como en las otras zonas de la vertiente del Magdalena, quizás por estar esta región más resguardada de la influencia de los vientos húmedos del valle del Magdalena.

Las partes altas de las cuencas hidrográficas de los ríos Ité, Nus y Nare, que pertenecen a esta formación, son bastante lluviosas, de potreros enmalezados, mucho rastrojo y bosques perturbados. Predominan los cultivos de caña, maíz y algo de café. A esta zona pertenecen los municipios de Concepción, Alejandría, Santo Domingo, San Roque, Cisneros, Yolombó y Yalí.

Se puede ver que la formación Bosque Muy Húmedo Premontano sostiene una alta concentración de población en la mayoría de las zonas rurales. Si a esto se suma la topografía accidentada que hace difícil la implantación de uso de maquinaria, se verá cuán grandes son los problemas que con la planeación de estas tierras se tienen. Debido a la relativa suavidad del clima y al cultivo de café, esta formación ha sido una de las más explotadas, con la consiguiente erosión de los terrenos que está inutilizando para la agricultura grandes fajas de tierra. De ello dan crédito las partes lavadas que se observan en el departamento, ejemplo de ellas en los municipios de Ciudad Bolívar, Giraldo, Concordia y Betulia, entre otros.



3.7 Bosque Pluvial Premontano (bp-PM) - Tierra Cafetera Superhúmeda

Esta formación tiene como límites climáticos una biotemperatura media entre 18 y 24 °C y un promedio anual de lluvias por encima de 4.000 mm.

Los datos climatológicos del municipio de San Luis dan un promedio anual de lluvias de 4.500 mm, con lluvias durante todo el año y un fuerte invierno en octubre y noviembre. El bp-PM se presenta en Antioquia en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental (Fig. 14), o sea en la zona de influencia del Pacífico, en las vertientes del páramo de Frontino, en las laderas de la serranía de Abibe que bajan hacia el río León, en la región de Ventanas cerca de Valdivia y en las vertientes del río Magdalena por San Luis.

Corresponde generalmente a una topografía muy accidentada y pendiente, con tierras de suelos pobres cubiertos de rastros, bosques en proceso de destrucción, potreros y algunos cultivos de maíz, plátano, yuca, frijol y café.

Por sus condiciones especiales de clima y topografía, estas áreas del bp-PM deberían permanecer con bosques protectores.

3.8 Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) - Tierra Fría Húmeda

En general, esta formación tiene como límites climáticos una biotemperatura media aproximada entre 12 y 18 °C y un promedio anual de lluvias de 1.000 a 2.000 mm y ocupa una faja altimétrica que se puede señalar entre los 2.000 y los 3.000 metros, con variaciones de acuerdo con las condiciones locales.

Figura 13.

Bosques sobre la vertiente occidental de la Cordillera Occidental en alrededores del municipio de Cañasgordas, correspondiente al Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) (1900 m).
(foto: Álvaro Idárraga).





Existen dos regiones en donde se puede observar el Bosque Húmedo Montano Bajo. La primera corresponde a una pequeña faja situada en la parte noroccidental de Medellín arriba del barrio Robledo. La humedad aumenta cuando se sigue hacia Boquerón y ya por estos lados la precipitación pasa de los 2.000 mm/año.

La segunda zona ocupa la parte central de lo que se denomina el Oriente Antioqueño y se extiende en su mayor parte por el valle de Rionegro y La Ceja del Tambo (Fig.15).

La zona es muy poblada, con municipios como Rionegro, La Ceja del Tambo, Marinilla, Guarne y San Vicente.

Esta parte central va aumentando en humedad hacia las vertientes del río Magdalena y en general corresponde a una topografía suave, mecanizable. La región, agrícolamente, es muy importante, y está cultivada con maíz, papa, cosechas hortícolas y flores, además de la ganadería, que se hace en algunos lugares en forma intensiva con pastos de corte y potreros mejorados. La región es muy valiosa para Antioquia por su situación de cercanía a Medellín; sus condiciones topográficas y climáticas le permiten en ciertas partes una agricultura de tipo intensivo.

3.9 Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) - Tierra Fría Muy Húmeda

Esta zona de vida tiene como límites climáticos generales una biotemperatura media aproximada entre 12 y 18 °C y un promedio anual de lluvias de 2.000 a 4.000 mm y ocupa una faja altimétrica que se puede señalar aproximadamente entre 1.900 y 2.900 metros.

La distribución del bmh-MB en Antioquia es la siguiente: región oriental, altiplano de Santa Rosa de Osos, zona de Belmira y Cordillera Occidental.

3.9.1 Región oriental

Comprende la mayoría de las tierras de la Cordillera Central desde su entrada por el páramo de Arboleda hasta terminar en las vertientes que bajan al río Nechí.

La región en general es montañosa y no presenta zonas planas de alguna extensión. La mayoría de sus tierras está dedicada a la ganadería; no obstante, existen en algunos lugares cultivos de papa, maíz y hortalizas. Algunos bosques que han sido explotados como fuente de carbón y de ellos hoy solo queda un “rastroy” que con el tiempo tiende a desaparecer. En las partes altas de las montañas quedan unas áreas pequeñas de bosques, que van siendo tumbados para establecer nuevas ganaderías, o para aprovecharlos como combustible. Estos bosques de las partes altas, como los que se ven entre Carmen de Viboral y Abejorral y hacia las vertientes del Magdalena, aparecen con árboles cubiertos con quinchos y musgos, indicadores de buena humedad.

En los bosques secundarios y rastrojos del oriente antioqueño, los árboles y arbustos comunes son:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Bejaria glauca</i> Bonpl.	Ericaceae	Carbonero
<i>Billia rosea</i> (Planch. & Linden) C. Ulloa & P. Jørg.	Sapindaceae	Cariseco, manzano
<i>Bocconia frutescens</i> L.	Papaveraceae	Trompeto



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Brunellia comocladifolia</i> Bonpl.	Brunelliaceae	Cedrillo
<i>Brunellia subsessilis</i> Killip & Cuatrec.	Brunelliaceae	Cedrillo
<i>Buddleja</i> sp.	Scrophulariaceae	
<i>Cavendishia pubescens</i> (Kunth) Hemsl.	Ericaceae	Uvito de monte
<i>Cecropia telenitida</i> Cautrec.	Urticaceae	Yarumo blanco
<i>Cinchona pubecens</i> Vahl	Rubiaceae	Quina
<i>Clethra fagifolia</i> Kunth	Clethraceae	Chiriguaco
<i>Clusia</i> sp.	Clusiaceae	Chagualo
<i>Coriaria ruscifolia</i> L.	Coriariaceae	Zumaque
<i>Cordia acuta</i> Pittier	Boraginaceae	Guásimo
<i>Cordia</i> sp.	Boraginaceae	Brazo de tigre

Figura 14.

Corregimiento de Nutibara (municipio de Frontino), zona del Bosque Pluvial Premontano (bp-PM), vertiente occidental de la Cordillera Occidental. (foto: Ricardo Callejas)





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Croton magdalenensis</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	Drago
<i>Datura x candida</i> (Pers.) Saff.	Solanaceae	Borrachero
<i>Drimys granadensis</i> L.f.	Winteraceae	Canelo de páramo
<i>Eschweilera antioquiensis</i> Dugand & Daniel	Lecythidaceae	Olla de mono
<i>Escallonia paniculata</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult. var. <i>paniculata</i>	Escalloniaceae	Chilco colorado
<i>Ageratina popayanensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	Chilco
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	Caucho
<i>Gaiadendron puntactum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don.	Loranthaceae	
<i>Geissanthus kalbreyeri</i> Mez	Primulaceae	Colorado

Figura 15.

Panorámica del Oriente Antioqueño en vecindad del municipio de La Ceja del Tambo; allí en un área antropizada subsisten pequeños fragmentos del Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB).
(foto: Saúl Ernesto Hoyos)





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Godoya antioquiensis</i> Planch.	Ochnaceae	Caunce
<i>Hedyosmun bonplandianum</i> Kunth	Chloranthaceae	Silbo silbo
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae	Mote
<i>Hydrangea peruviana</i> Moric.	Hydrangeaceae	
<i>Hieronyma antioquensis</i> Cuatrec.	Phyllanthaceae	
<i>Ilex</i> sp.	Aquifoliaceae	
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Guamo
<i>Ladenbergia macrocarpa</i> (Vahl) Klotzsch	Rubiaceae	Azuceno
<i>Lepechinia bullata</i> (Kunth) Epling	Lamiaceae	Salvielugo
<i>Erato vulcanica</i> (Klatt.) H. Rob.	Asteraceae	
<i>Lippia hirsuta</i> L.f.	Verbenaceae	Galllinazo
<i>Lozania mutisiana</i> Schult.	Lacistemataceae	
<i>Macrocarpaea macrophylla</i> . (Kunth) Gilg	Gentianaceae	Tabaquillo
<i>Meriania nobilis</i> Triana	Melastomataceae	Amarrabollo
<i>Monnina angustifolia</i> DC.	Polygalaceae	Rústico
<i>Montanoa quadrangularis</i> Sch. Bip.	Asteraceae	Arboloco
<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	Myrtaceae	Arrayán
<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Myricaceae	Olivo de cera
<i>Palicourea angustifolia</i> Kunth	Rubiaceae	Aguadulce
<i>Palicourea perquadrangularis</i> Wernham	Rubiaceae	
<i>Panopsis yolombo</i> (Pos.-Arang.) Killip	Proteaceae	Yolombo
<i>Passiflora sphaerocarpa</i> Triana & Planch.	Passifloraceae	Granadilla
<i>Persea chrysophylla</i> L.E. Kopp	Lauraceae	Aguacatillo
<i>Piper archeri</i> Trel. & Yunc.	Piperaceae	Cordoncillo



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Piper lanciifolium</i> Kunth	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.	Podocarpaceae	Chaquiro
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Fagaceae	Roble
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	Espadero
<i>Rhamnus goudotiana</i> Triana & Planch.	Rhamnaceae	
<i>Roupala obovata</i> Kunth	Proteaceae	Liberal, verraco
<i>Saurauia ursina</i> Triana & Planch.	Actinidiaceae	Dumuloco
<i>Schefflera trianae</i> (Planch. & Linden ex Marchal) Harms.	Araliaceae	Pategallina
<i>Siparuna lepidota</i> (Kunth) A. DC.	Siparunaceae	Limoncillo
<i>Spirotheca rosea</i> (Seem.) P.E. Gibbs & W.S. Alverson	Malvaceae	Tachuelo
<i>Magnolia espinalii</i> (Lozano) Govaerts	Magnoliaceae	Alma negra
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	Melastomataceae	Sietecueros
<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	Anacardiaceae	Manzanillo
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don.	Staphyleaceae	Mantequillo
<i>Ulex europaeus</i> L.	Fabaceae	Espino
<i>Viburnum anabaptista</i> Graebn.	Adoxaceae	Sáuco de monte
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch. <i>ssp. ferruginea</i> (Kunth) Ewan	Hypericaceae	Carate
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	Hypericaceae	Carate
<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Cunoniaceae	Encenillo
<i>Xylosma benthamii</i> (Tul.) Triana & Planch.	Salicaceae	Espino

La población de esta región oriental es considerable, con centros urbanos entre los primeros del departamento como Sonsón, y otros de menor población como Montebello, El Retiro y La Unión.



3.9.2 Altiplanicie de Santa Rosa de Osos

Esta región corresponde a una meseta de topografía irregular, formada por ondulaciones del terreno que forman los llamados “Llanos de Cuivá” (Fig. 16). La vegetación arbórea ha desaparecido y queda solamente una cubierta raquílica de arbustos, hierbas y helechos sobre un suelo erosionado y empobrecido.

A unos 2.700 metros de altitud, en las partidas para San Andrés de Cuerquia, en los vallecitos que se forman aparece un paramillo sobre un terreno cenagoso, con abundancia de frailejones y otras plantas frecuentes en los páramos como:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Baccharis tricuneata</i> (L.f.) Pers. <i>var. antioquensis</i> Cuatrec.	Asteraceae	Sanalotodo
<i>Blechnum</i> sp.	Blechnaceae	Helecho
<i>Bomarea</i> sp.	Alstroemeriaceae	
<i>Castilleja fissifolia</i> L.f.	Orobanchaceae	Zarcillejo
<i>Clethra</i> sp.	Clethraceae	
<i>Chaetolepis microphylla</i> (Bonpl.) Miq.	Melastomataceae	Doradita
<i>Chusquea</i> sp.	Poaceae	Chusque
<i>Espeletia occidentalis</i> Cuatrec. A.C. Sm. <i>var. antioquensis</i>	Asteraceae	Frailejón
<i>Gaiadendron puntactum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don.	Loranthaceae	
<i>Gaultheria</i> sp.	Ericaceae	
<i>Geranium</i> sp.	Geraniaceae	
<i>Hedyosmum</i> sp.	Chlorantaceae	Silbo silbo
<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers.) Benth.	Rosaceae	Mortiño
<i>Hypericum</i> sp.	Hypericaceae	Chite
<i>Isoetes</i> sp.	Isoetaceae	
<i>Jamessonia</i> sp.	Pteridaceae	Helecho
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	Rosaceae	Orejuela



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopodiaceae	Colchón de pobre
<i>Lycopodium complanatum</i> L.	Lycopodiaceae	Colchón de pobre
<i>Monnina</i> sp.	Polygalaceae	
<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Myricaceae	Oliva
<i>Paepalanthus barkleyi</i> Moldenke	Eriocaulaceae	
<i>Pleurothallis</i> sp.	Orchidaceae	
<i>Polypodium angustifolium</i> Sw.	Polypodiaceae	
<i>Rhamnus</i> sp.	Rhamnaceae	
<i>Pentacalia ledifolia</i> (Kunth) Cuatrec.	Asteraceae	Romero
<i>Sphagnum recurvum</i> P. Beauv.	Sphagnaceae	Musgo
<i>Symplocos theiformis</i> (L.f.) Oken	Symplocaceae	Té de Bogotá
<i>Isidrogavia sessiliflora</i> (Hook.) Cruden	Todfieldiaceae	
<i>Weinmannia</i> sp.	Cunoniaceae	Encenillo
<i>Viburnum</i> sp.	Adoxaceae	
<i>Xyris columbiana</i> Malme	Xyridaceae	

En algunos lugares quedan restos de los robledales (*Quercus humboldtii*) (Fagaceae), que cubrían estas tierras. Después de cruzar la meseta de Santa Rosa de Osos se entra hacia el occidente a la región de San Andrés de Cuerquia, en tierras dedicadas a la ganadería y con un buen número de bosques de roble, y, esparcidos en los potreros, bellos ejemplares de la palma de cera (*Ceroxylon quindiuense*) (Arecaceae). En asociación con los robles se pueden ver las plantas siguientes: espadero (*Myrsine coriacea*) (Primulaceae), chaquiro (*Podocarpus* sp.) (Podocarpaceae), olivo (*Morella pubescens*) (Myricaceae), encenillo (*Weinmannia pubescens*) (Cunoniaceae), (*Miconia* sp.), siete cueros (*Tibouchina lepidota*) (Melastomataceae), chagualo (*Clusia* sp.) (Clusiaceae), saúco de monte (*Viburnum anabaptista*) (Adoxaceae), canelo de páramo (*Drymis granadensis*) (Winteraceae) y quina (*Cinchona pubescens*) (Rubiaceae).

Más al norte de esta meseta se encuentra Yarumal, con tierras de mejor calidad, dedicadas a la ganadería, y con algunos restos de montes que poco a poco van desapareciendo; sobresalen en ellos las copas blancas de yarumo (*Cecropia telenitida*) (Urticaceae).

3.9.3 Zona de Belmira

Esta región del Bosque Muy Húmedo Montano Bajo comprende las tierras de Belmira y Don Matías; sigue hacia el sur por el boquerón entre el río Medellín y el río Cauca, para conectarse en el Alto de Minas con la zona oriental de Sonsón.

Por los municipios de San Pedro de los Milagros y Belmira los terrenos se tienen con ganaderías, cultivos de papa, hortalizas y maíz. Algunos prados se ven invadidos con chite (*Hypericum juniperinum*) (Hypericaceae) y esterilla (*Orthrosanthus chimboracensis*) (Iridaceae). Los árboles comunes son más o menos los mismos de la región oriental ya descrita.

La zona se continúa por la Cordillera Central, con fajas en las vertientes de los ríos Cauca y Medellín. Las partes altas con algo de bosque y luego una zona ganadera. Por los lados del Alto del Boquerón, en los límites de esta formación con el bh-MB, hay una zona hortícola muy bien establecida en pequeñas granjas de agricultura intensiva.

3.9.4 Cordillera Occidental

Comprende ésta las tierras del bmh-MB de las vertientes de los Farallones del Citará (Fig. 17) y la Cordillera de los Mellizos y se continúa a lo largo de la cordillera hasta su terminación en el departamento de Córdoba. Zona montañosa y abrupta en general, la mayor parte de sus tierras están con ganaderías y manchas de bosque. Comunes en estas vertientes son los cultivos de maíz, que agravan día a día los problemas de la erosión. Cuenta con algunas poblaciones como los municipios de Jericó y Caramanta y el corregimiento de Buenos Aires (Municipio de Andes).

Después del valle del río Penderisco, hacia el páramo de Frontino, la región se hace muy húmeda, con un bosque explotado para obtener carbón y establecer potreros. Entre los árboles comunes del área se encuentran:

algodón (*Alchornea* sp.) (Euphorbiaceae), comino (*Aniba perutilis*) (Lauraceae), cedrillo (*Brunellia comocladifolia*) (Brunelliaceae), yarumo (*Cecropia* sp.) (Urticaceae), quina (*Cinchona pubescens*) (Rubiaceae), chagualo (*Clusia* sp.) (Clusiaceae), guacamayo (*Croton magdalenensis*) (Euphorbiaceae), alma negra (*Magnolia* sp.) (Magnoliaceae), silbo silbo (*Hedyosmum bonplandianum*) (Chloranthaceae), azuceno (*Ladenbergia macrocarpa*) (Rubiaceae), laurel (*Nectandra* sp.) (Lauraceae), *Oreopanax* sp. (Araliaceae), yolombo (*Panopsis yolombo*) (Proteaceae), aliso (*Alnus acuminata*) (Betulaceae), carbonero (*Bejaria aestuans*) (Ericaceae), (*Brunellia penderiscana*) (Brunelliaceae), cedro (*Cedrela* sp.) (Meliaceae), *Clethra* sp. (Clethraceae), *Cordia* sp. (Boraginaceae), canelo de páramo (*Drimys granadensis*) (Winteraceae), cerezo (*Freziera sericea*) (Pentaphylacaceae), añil (*Ilex* sp.) (Aquifoliaceae), *Lippia* sp. (Lamiaceae), laurel escobo (*Ocotea* sp.) (Lauraceae), *Palicourea* sp. (Rubiaceae), chaquiro (*Podocarpus oleifolius*) (Podocarpaceae), caimito (*Pouteria* sp.) (Sapotaceae), espadero (*Myrsine coriacea*) (Primulaceae), sietecueros (*Tibouchina lepidota*) (Melastomataceae), saúco de monte (*Viburnum anabaptista*) (Adoxaceae), roble (*Quercus humboldtii*) (Fagaceae), pata de gallina (*Schefflera trianae*) (Araliaceae), encenillo (*Weinmannia balbisiana*) (Cunoniaceae) y carate blanco (*Vismia guianensis*) (Hypericaceae).

Como se puede observar por la descripción general del bmh-MB, corresponde a zonas muy montañosas, lo que, unido a la buena cantidad de lluvia que soporta, hace difícil la agricultura con cultivos anuales sin empobrecer el terreno con el tiempo. Sería muy conveniente tener juiciosos estudios de suelos para delimitar en estas tierras las áreas apropiadas para cosechas anuales de los varios cultivos que se pueden establecer, y dedicar las partes más pendientes a ganadería y bosque. En algunas zonas se están estableciendo rodales de cipreses y pinos, lo cual podría ser fuente de riqueza para los agricultores, como lo es ahora en algunos países en donde se trata al bosque homogéneo como un cultivo.

Es de advertir que estos bosques homogéneos de pinos y cipreses pueden sufrir serios trastornos, ya sea por ataque de insectos o por incendios. Es aconsejable tener manchas de bosques nativos mezclados con estos bosques homogéneos con el fin de prevenir en parte los problemas que se pueden presentar. Asimismo, es indispensable la investigación forestal en el campo de la reforestación con especies nativas.



3.10 Bosque Pluvial Montano Bajo (bp-MB) - Tierra Fría Superhúmeda

Esta formación tiene como límites climáticos generales una biotemperatura media aproximada entre 12 y 18 °C y un promedio anual de lluvias superior a 4.000 mm. El bp-MB se encuentra en el departamento en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental, en Ventanas cerca de Yarumal (Fig. 18) y en Santa Rita (proximidades al municipio de Guatapé).

Las zonas de esta formación pluvial generalmente son de topografía accidentada, de laderas pendientes; por ser áreas de condensación de aires húmedos, gruesas capas de nubes y neblinas las cubren con frecuencia.

En los montes de Santa Rita (Guatapé) se observa un ambiente de gran humedad, el suelo aparece cubierto con una gruesa capa de materia orgánica parcialmente descompuesta, abundan las palmeras (maquenque, palma real y macana), y los troncos y ramas de los árboles, algunos de ellos de copas aparasoladas, se ven acolchadas con un manto de musgo, líquenes, quiches, orquídeas y aráceas. En los rastros y potreros crecen los zarros (*Cyatheaceae*), chusque (*Chusquea* sp.) (*Poaceae*), rascadera (*Araceae*), gateaderas (*Lycopodium* sp.) (*Lycopodiaceae*), esfagnum (*Sphagnum* sp.) (*Sphagnaceae*), cola de caballo (*Equisetum* sp.) (*Equisetaceae*) y helecho de peine (*Nephrolepis cordifolia*) (*Davalliaceae*). Las siguientes especies son comunes en esta zona:

monte frío (*Alchornea* sp.) (*Euphorbiaceae*), yarumo (*Cecropia* sp.) (*Urticaceae*), rayo (*Elaeagia* sp.) (*Rubiaceae*), caucho, matapalo (*Ficus* sp.) (*Moraceae*), caunce (*Godoya antioquiensis*) (*Ochnaceae*), guamo (*Inga* sp.) (*Fabaceae*), culefiero (*Licania* sp.) (*Chrysobalanaceae*), arboloco (*Montanoa quadrangularis*) (*Asteraceae*), laurel (*Nectandra* sp.), aguacatillo (*Persea caerulea*) (*Lauraceae*), chaquiro (*Podocarpus oleifolius*) (*Podocarpaceae*), cirpe (*Pourouma* sp.) (*Urticaceae*), dulomoco (*Saurauia* sp.) (*Actinidiaceae*), lulo (*Solanum quitoense*) (*Solanaceae*), encenillo (*Weinmannia balbisiana*) (*Cunoniaceae*), *Billia rosea* (*Sapindaceae*), guacamayo (*Croton* sp.) (*Euphorbiaceae*), guasco (*Eschweilera*

Figura 16.

Vista del paramillo de Santa Rosa de Osos, una azonalidad del Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) sobre el altiplano de Santa Rosa de Osos y Yarumal, ca. 2.870 m.
(foto: Felipe Villegas)





sp.) (Lecythidaceae), colorado (*Geissanthus kalbreyeri*) (Primulaceae), silbo silbo (*Hedyosmum bonplandianum*) (Chloranthaceae), *Ladenbergia* sp. (Rubiaceae), *Miconia* sp. (Melastomataceae), arrayán (*Myrcia* sp.) (Myrtaceae), *Oreopanax* sp. (Araliaceae), cordoncillo (*Piper* sp.) (Piperaceae), gallinazo (*Piptocoma discolor*) (Asteraceae), roble (*Quercus humboldtii*) (Fagaceae), pata de gallina (*Schefflera trianae*) (Araliaceae), sietecueros (*Tibouchina lepidota*) (Melastomataceae), carate rojo (*Vismia baccifera* ssp. *ferruginea*) y carate blanco (*Vismia guianensis*) (Hypericaceae).

La abundante lluvia, los suelos de poca fertilidad y la topografía accidentada definen para estas tierras un uso de bosques nativos protectores.

3.11 Bosque Pluvial Montano (bp-M) - Páramo Superhúmedo

El bp-M tiene como límites climáticos una biotemperatura media aproximada entre 6 y 12 °C y un promedio anual de lluvias superior a 2.000 mm. Esta región, llamada comúnmente, “páramo” o subpáramo (Cuatrecasas, 1958), en algunas localidades se inicia entre los 2.800 y los 2.900 metros.

En Antioquia existen varias zonas con altitudes superiores a 3.000 metros que pueden clasificarse como bp-M, entre las cuales están: el páramo de Sonsón (Fig. 19), el páramo de Frontino, el cerro del Boquerón (Alto de las Baldías) y es posible que el páramo de Belmira pertenezca a esta formación.

Al subir del valle del río Penderisco al páramo de Frontino (Fig. 20), a unos 2.900 metros se inicia el bp-M con árboles que muestran sus troncos y ramas tapizadas con musgos, líquenes y epífitas, de tal manera que este colchón impide ver la corteza; arriba en la montaña paramuna aparecen los frailejones en las llamadas “sabanas”.

Las especies observadas en el páramo de Frontino son:

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Aragoa occidentalis</i> Pennell	Plantaginaceae	
<i>Arcytophyllum nitidum</i> (Kunth) Schltdl.	Rubiaceae	Velillo
<i>Baccharis tricuneata</i> (L.f.) Pers. var. <i>antioquiensis</i> Cuatrec.	Asteraceae	Sanalotodo
<i>Bartsia santolinifolia</i> (Kunth) Benth.	Orobanchaceae	
<i>Blechnum</i> sp.	Blechnaceae	Helecho
<i>Bomarea</i> sp.	Alstroemeriaceae	
<i>Brachyotum lindenii</i>	Melastomataceae	
<i>Castilleja fissifolia</i> L.f.	Orobanchaceae	Zarcillejo
<i>Diplostephium</i> sp.	Asteraceae	
<i>Drimys granadensis</i> L.f.	Winteraceae	Canelo



NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Espeletia occidentalis</i> A.C. Smith	Asteraceae	Frailejón
<i>Fuchsia</i> sp.	Onagraceae	Fucsia
<i>Gaultheria</i> sp.	Ericaceae	Mortiño
<i>Geranium</i> sp.	Geraniaceae	
<i>Gentiana sedifolia</i>	Gentianaceae	Genciana
<i>Hesperomeles</i> sp.	Rosaceae	Mortiño
<i>Hypericum</i> sp.	Hypericaceae	Guarda rocío
<i>Jamesonia</i> sp.	Pteridaceae	Helecho
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	
<i>Monnina</i> sp.	Polygalaceae	
<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> (Kunth) Baker	Iridaceae	Estrellita

Figura 17.

Cordillera Occidental, vertiente de los Farallones de Citará, en vecindad del municipio de Andes, con apreciable desarrollo de coberturas en el Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB), ca. 2.600 m. (foto: Álvaro Idárraga)





NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Paepalanthus</i> sp.	Eriocaulaceae	
<i>Persea ferruginea</i> Kunth	Lauraceae	Aguacatillo
<i>Polylepis sericea</i> Wedd.	Rosaceae	Colorado
<i>Puya</i> sp.	Bromeliaceae	Cardo
<i>Pentacalia vacciniodes</i> (Kunth) Cuatrec.	Asteraceae	
<i>Sphagnum</i> sp.	Sphagnaceae	Ésfagnum, musgo
<i>Tibouchina grossa</i> (L.f.) Cogn.	Melastomataceae	
<i>Weinmannia</i> sp.	Cunoniaceae	
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	Cunoniaceae	Encenillo
<i>Vaccinium</i> sp.	Ericaceae	Mortiño
<i>Valeriana</i> sp.	Caprifoliaceae	Valeriana
<i>Vallea stipularis</i> L.f.	Elaeocarpaceae	Raque

Figura 18.

Vista del Bosque Pluvial Montano Bajo (bp-MB), en el Alto de Ventanas (municipio de Yarumal). (foto: Ricardo Callejas)





Hacia el occidente de Medellín se empina la Cordillera Central hasta alcanzar alturas superiores a los 3.000 metros en el Alto de las Baldías (Boquerón), cima cordillerana superhúmeda que pertenece al bp-M. Allí abundan sobre los árboles los musgos, líquenes, quiches, orquídeas y entre las especies vegetales están:

Berberis medellinensis (Berberidaceae), *Brunellia boqueronensis*, *Brunellia trianae* (Brunelliaceae), orquídea (*Fernandezia sanguinea*) (Orchidaceae), *Diplostephium antioquense* (Asteraceae), *Disterigma empetrifolium* (Ericaceae), canelo de páramo (*Drimys granadensis*) (Winteraceae), *Epidendrum gastropodium* (Orchidaceae), silbo silbo (*Hedyosmum* sp.) (Chloranthaceae), helecho (*Jamesonia verticalis*) (Pteridaceae), *Miconia cladonia*, *M. gleasoniana*, *M. ligustrina*, *M. myrtillifolia* (Melastomataceae), *Myrteola phyllicoides* (Myrtaceae), *Oreobolus venezuelensis* (Cyperaceae), laurel (*Ocotea calophylla*) (Lauraceae), orquídea (*Pleurothallis* sp.) (Orchidaceae), aguacatillo (*Persea ferruginea*) (Lauraceae), mora (*Rubus* sp.) (Rosaceae), *Ternstroemia meridionalis* (Pentaphylacaceae) y encenillo (*Weinmannia auriculifera*) (Cunoniaceae).

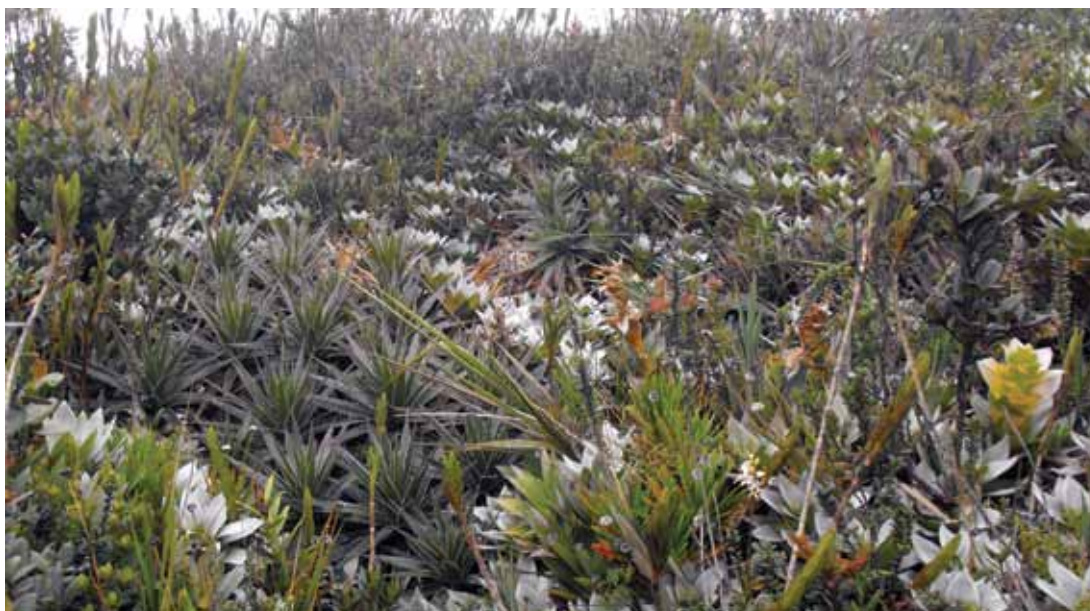
Entre Belmira y San José de la Montaña, la Cordillera Central levanta su mole montañosa y forma un conjunto de elevados cerros paramunos por encima de los 3.000 metros. Es probable que en estos páramos la lluvia anual sea un poco superior a los 2.000 mm, o esté cerca de este valor. Entre las especies comunes en este páramo se pueden señalar:

sanalotodo (*Baccharis tricuneata*) (Asteraceae), *Bartsia* sp. (Orobanchaceae), *Brachyotum* sp. (Melastomataceae), carbonero (*Bejaria* sp.) (Ericaceae), *Bucquetia* sp. (Melastomataceae), zarcillejo (*Castilleja fissifolia*) (Orobanchaceae), (*Diplostephium* sp.), frailejón (*Espeletia occidentalis* var *antioquensis*) (Asteraceae), gentiana (*Gentiana sedifolia*) (Gentianaceae), *Geranium* sp. (Geraniaceae), mortiño (*Hesperomeles* sp.) (Rosaceae), chite, guardo rocío (*Hypericum* sp.) (Hypericaceae), estrellita (*Orthrosanthus chimboracensis*) (Iridaceae), aguacatillo (*Persea ferruginea*) (Lauraceae), *Paepalanthus pilosus* (Eriocaulaceae), lulo (*Solanum* sp.) (Solanaceae), *Pentacalia ledifolia* ssp. *lehmannii* (Asteraceae), encenillo (*Weinmannia auriculifera*) (Cunoniaceae) y mortiño (*Vaccinium* sp.) (Ericaceae).

Lamentablemente, los páramos antioqueños han venido en un proceso de continua destrucción, con el fin de establecer en ellos ganadería y cultivos. Estos páramos húmedos son altamente valiosos como productores de agua (Fig. 21) en las cuencas hidrográficas de los numerosos ríos que en ellos inician su formación y debe procurarse mantener estas regiones con vegetación nativa.

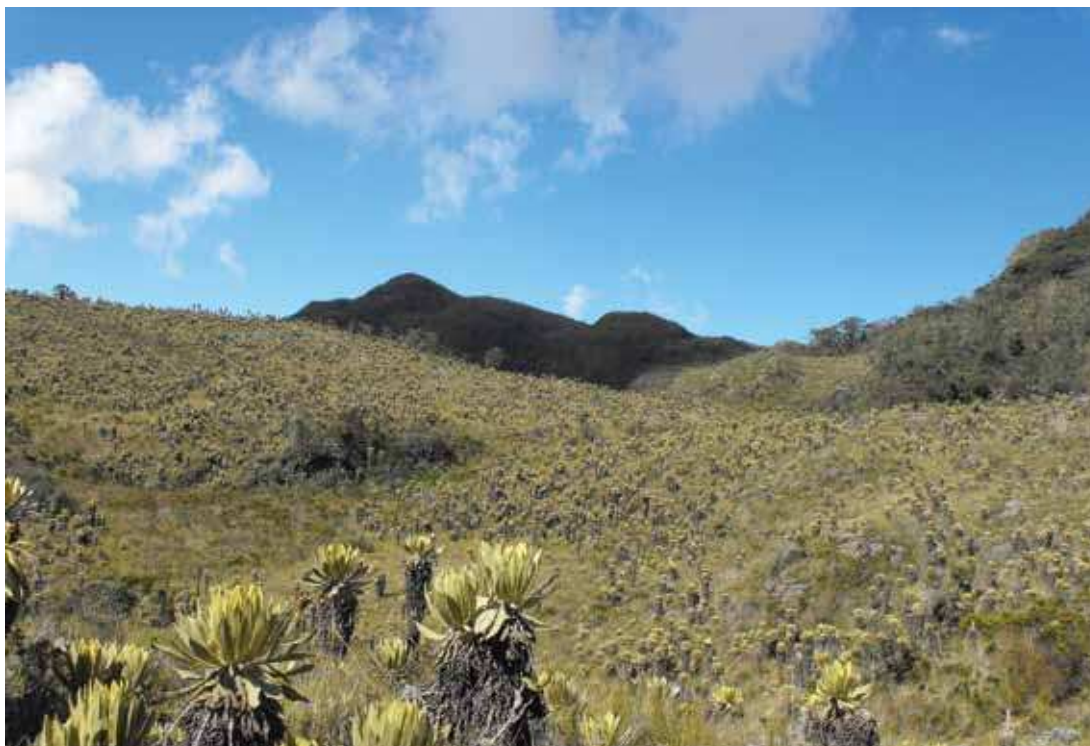
Figura 19.

En primer plano comunidades de bromelias (*Puya* y *Tillandsia*) en el Cerro de la Paloma (Páramo de Sonsón), correspondiente a coberturas del Bosque Pluvial Montano (bp-M) sobre la Cordillera Central. (foto: Fernando Alzate)



**Figura 20.**

Páramo del Sol, en el área colectivamente conocida como Páramo de Frontino (municipio de Urrao) (Bosque Pluvial Montano, bp-M) sobre la Cordillera Occidental (ca. 3.700 m). (foto: Fernando Alzate)

**Figura 21.**

En primer plano la Laguna de Santa Rita en el Páramo del Cerro de Caramanta (ca. 3.665 m), sobre la Cordillera Occidental, municipio de Andes. Recientemente explorado (2009), este es el único páramo prístino en Antioquia. (foto: Álvaro Idárraga).





Literatura Citada

Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact. Fis. Nat.* 10: 221—268.

Espinal T., L.S. 1988. Notas ecológicas sobre Nariño, Quindío y Tolima. departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Espinal T., L.S. & M.E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá.

Espinal T., L.S. & M.E. Montenegro. 1967. Formaciones vegetales del departamento de Antioquia. *Revista Fac. Agron. Univ. Nac. Colombia*, Medellín 24: 1—83.

Holdridge, L.R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105: 367—368.

Holdridge, L.R. 1953. Life zone ecology (with a photographic supplement). Tropical Science Center. San José, Costa Rica.

Holdridge, L.R. 1954. Curso de Ecología Vegetal. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica.

Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.

Holdridge, L.R. 1978. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.

IGAC. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

IGAC. 1967. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

González G., G. 1985. Antioquia y sus bosques. INDERENA. Regional Antioquia. Ediciones gráficas, Medellín.

Jiménez, S.H. 2005. Dr. Leslie R. Holdridge: la capacidad de crear a partir de lo cotidiano. *Manejo Integrado de plagas y Agroecología* 75: 1—6.



CAPÍTULO 5

LA EXPLORACIÓN BOTÁNICA EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA (1808-2000)

POR: RICARDO CALLEJAS POSADA*

Índice de Contenido	Pág.
1. José Manuel Restrepo y la Antioquia de 1809	293
2. Los primeros colectores de la flora de Antioquia	294
3. Los cazadores de orquídeas	296
3.1 El distrito de Frontino	297
3.2 De Warscewicz a Millican	297
4. La exploración botánica de Antioquia por parte de botánicos antioqueños en el siglo XIX	305
5. La creación del Museo de Historia Natural del Colegio de San José y el herbario MEDEL	307
6. Colectores de la flora de Antioquia de 1940-1970	311
6.1 Herbario MEDEL, Gabriel Gutiérrez Villegas y Luis Sigifredo Espinal Tascón	313
7. Creación de los herbarios HUA y JAUM	315
8. Djaja Doel Soejarto y Linda Katherine Albert de Escobar	317
9. El proyecto de la Flora de Antioquia (1986-)	319
Literatura citada	323
 Índice de Figuras	 Pág.
Figura 1. José Manuel Restrepo (1781-1863).	293
Figura 2. Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887).	295
Figura 3. Jean-Jules Linden (1817-1898).	296

*Universidad de Antioquia, Instituto de Biología, Medellín, Colombia.



Índice de Figuras	Pág.
Figura 4. J. R. von R. Warscewicz (1812-1866).	298
Figura 5. Gustav Wallis (1830-1878).	299
Figura 6. Benedict Roezl (1823-1885).	300
Figura 7. Édouard-François André (1840-1911).	301
Figura 8. Charles Patin (1852-1911).	302
Figura 9. Friedrich Karl Lehmann (1850-1903) y su hijo F.K. Lehmann (ca. 1895).	303
Figura 10. Albert Millican (1854-1899).	304
Figura 11. Andrés Posada Arango (1839-1923).	306
Figura 12. Joaquín Antonio Uribe (1858-1935).	306
Figura 13. Francis Whittier Pennell (1886-1952).	307
Figura 14. Ellsworth P. Killip (1890-1968).	308
Figura 15. Hermano Nicéforo María .	309
Figura 16. Carlos E. Chardón Palacios (1897-1965).	309
Figura 17. William Archer (1894-1973).	310
Figura. 18. Earl Lemley Core (1902-1984).	312
Figura 19. Fred Alexander Barkley (1908-1989) y un grupo de estudiantes en el herbario MEDEL (1948).	312
Figura 20. Hermano Daniel (Julián González Patiño) (1908- 1988) .	314
Figura 21. Ramiro Fonnegra G. (1947-).	315
Figura 22. Linda K. Albert de Escobar (1940-1993), estudiantes y personal del herbario HUa, en el taller del herbario.	316
Figura 23. Djaja Doel Soejarto (1939-) y Lucía Atehortúa Garcés (1949-).	317
Figura 24. James L. Zarucchi (1952-).	320
Figura 25. Gordon McPherson (1947-).	321



1. José Manuel Restrepo y la Antioquia de 1809

Corría el mes de febrero del año de 1809 y el antioqueño, nacido en Envigado, **José Manuel Restrepo** (1781-1863), entonces de 28 años de edad, terminaba finalmente su ensayo sobre la “Geografía de Antioquia”. Restrepo, quien había sido discípulo de Francisco José de Caldas, corresponsal de Humboldt y una de las más notorias figuras de la política y la cultura en Antioquia, comentaba en su escrito sobre la dimensión, entonces poco conocida, de la biota antioqueña. Restrepo, incluso señalaba, que entre 1807 y 1808 había realizado pequeñas colectas de plantas que conformaban un herbario, no muy rico en ejemplares pero sí muy selecto, acompañado de descripciones y dibujos, y para el que su autor orgullosamente advertía: “aún no se han clasificado todas las plantas de que se compone, pero hay algunos géneros que parecen nuevos” (Restrepo, 1809).

No poseemos noticia alguna sobre el destino del herbario de J. M. Restrepo. No obstante, era claro que, para comienzos del siglo XIX, existía en la élite antioqueña, como uno de los tantos útiles legados de la Expedición Botánica de Mutis, el interés por la Botánica, la exploración y la búsqueda de plantas, nuevas o bien que representaran un recurso especial. La Antioquia de 1808 poseía escasamente 108.000 habitantes, dispersos en menos de 35 “lugares”, de los cuales 19 de ellos (Medellín, Santa Fe de Antioquia, Marinilla, Zaragoza, entre otros) albergaban casi el 90% de la población. La región permanecía relativamente incomunicada con el resto del país, no tanto por la ausencia de caminos sino por las dificultades que debía enfrentar un viajero o un comerciante en tratar de recorrer lo que para muchos eran mímicas de senderos (Ferro, 1995).

Existían para 1809 pocos caminos de penetración en Antioquia; el más importante, el de “Las Juntas”, conectaba al interior del departamento con el río Magdalena, el curso fluvial de mayor importancia en Colombia y durante casi 100 años la vía de entrada a la Nueva Granada. “Las Juntas” era el nombre con que se conocía una serie de bodegas sobre el río Nare, el cual desembocaba en el Magdalena en Puerto Nare que durante casi todo el siglo XIX fue el único puerto de entrada a Antioquia sobre el río Magdalena. Ramales del camino original fueron creados y eventualmente ampliados para acortar las distancias entre el Bajo Magdalena y el altiplano antioqueño, así como para reducir los recorridos hacia



Figura 1.

José Manuel Restrepo (1781-1863)

(Imagen: Papel Periódico Ilustrado.

<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/atlasbog/papel/pg50html>)

el nordeste y el oriente de Antioquia. Región esta última que albergaba parte apreciable de la pujante economía antioqueña de inicios del siglo XIX, en su mayor parte centrada en la explotación del oro. Un segundo camino de importancia se extendía desde el sur de la provincia de Mariquita (hoy departamento del Tolima); flanqueaba la vertiente occidental de la Cordillera Central, pasaba por el Páramo de Herveo y llegaba hasta los municipios de Sonsón y Rionegro, en el sureste de Antioquia. Asimismo, varios caminos de herradura, trazados sobre viejas rutas indígenas, surgían de Yarumal, Zaragoza y Cáceres, en el Bajo Cauca. Poca o ninguna era la comunicación con el occidente del departamento, y la construcción de un camino que comunicara a Antioquia con el Chocó, el llamado camino de Urrao, tomaría un buen tiempo, hasta 1870, antes de ser una ruta confiable y transitable (Botero, 1991; Ferro, 1995).

Si bien diferentes gobiernos provinciales en la colonia y en la era republicana buscaron establecer una red de vías adecuada, el relieve montañoso, el clima, el relativo aislamiento de muchos poblados y la muy frecuente necesidad de hacer el camino a pie, por ser intransitable para mulas, no favorecía notablemente a un viajero para adentrarse en las tierras de Antioquia. Pero una cosa es un explorador o un viajero y otra muy distinta es un comerciante, y si este último posee minas de oro, entonces los obstáculos más infranqueables son propensos a convertirse en anécdotas.

La minería del oro dominó la economía antioqueña durante gran parte del siglo XIX, y no pocas firmas europeas, particularmente inglesas, invirtieron importantes capitales en extracción del oro en Antioquia (Henríquez, 1914). Los intereses comerciales eventualmente ayudarían a mejorar la red de caminos, y éstos, a su vez, habrían de contribuir a la colonización y creación de poblados a lo largo de dichas rutas. La economía antioqueña, sobresaliente ya para 1809, estaría ligada de manera íntima a la industria minera, antes, durante y después de la independencia de Colombia del yugo español. La exploración botánica en Antioquia no se puede entender sin el desarrollo de la minería en el departamento. De hecho, los primeros colectores de plantas en la región fueron muchos de ellos cazadores de orquídeas, enviados por casas comerciales europeas, que utilizaban sus contactos, comerciales, diplomáticos y con la industria minera para poder acceder a las codiciadas plantas.

2. Los primeros colectores de la flora de Antioquia

Nuestro primer colector, un cazador de orquídeas, menos ávido que sus contemporáneos, fue **Karl Theodor Hartweg** (1812-1871), quien en su viaje hacia la sabana de Bogotá en 1841, realizó pequeñas colectas sobre Puerto Nare. Hartweg, alemán de nacimiento y un muy destacado botánico y explorador, trabajó casi exclusivamente para la Sociedad de Horticultura de Londres, interesada más en el descubrimiento de nuevas especies que en su valor comercial y enviaría a Hartweg a explorar parte de México, norte de Sur América, Centro América y Jamaica (Schlechter, 1920). Los ejemplares de Hartweg colectados en Antioquia están depositados en el herbario del Jardín Botánico de Kew (K).

La corta y efímera visita de Hartweg a Puerto Nare, sucedió casi simultáneamente con la llegada a Medellín de un médico, inglés, de nombre **William Jarvise** (?-?) (a menudo escrito como “Harvis” o Jervise”), quien, procedente de las minas de Marmato (departamento de Caldas), había llegado a Colombia en 1825 como parte de la misión que acompañaba a **Jean-Baptiste Boussingault** (1802-1887). La presencia de Jarvise en Antioquia proviene del relato sobre su partida a Medellín en 1842 por parte de Boussingault, el otrora famoso geólogo y químico francés, quien, por solicitud del gobierno colombiano y recomendación de Alexander von Humboldt, había llegado en 1825 al distrito minero de Marmato (Robledo, 1920).

Jarvise fue parte de la comitiva que llegó en aquel entonces a Colombia. Según Boussingault, Jarvise era algo excéntrico (cazaba gallinas con cerbatanas envenenadas) y mujeriego, pero con un relativo éxito como galeno y, por algún tiempo, una referencia importante de la medicina en aquellos distritos. Hacia 1841 ó 1842 Jarvise se trasladó a Medellín, donde se desempeñó con relativa soltura e hizo parte de los primeros programas de salubridad de la ciudad (Poveda-Ramos, 1996); creó, además, la



primera farmacia de Medellín (conocida como la botica de Jarvise). La mala suerte de Jarvise en el tratamiento de pacientes con disentería, algunos de los cuales murieron, parece haber precipitado la salida del médico, quien durante el lapso de 1842 a 1844 fue guaquero. Es en este período cuando Jarvise realizó varias colectas de la flora antioqueña, la mayoría procedente de las cercanías de Medellín (alto de Santa Elena), el oriente antioqueño (en los municipios de Guatapé, La Ceja del Tambo y Rionegro), San Carlos (hacia el bajo Magdalena) y los municipios de Angostura, Santa Rosa de Osos y Yarumal (hacia el norte del departamento).

Algunos ejemplares de herbario de Jarvise (NY) indican la fecha de 1844 mientras que otros tienen la de 1858. No sabemos si por encargo o por necesidad (para poder costear su boleto de regreso a Europa), las colectas del médico inglés, cerca de 35 especies (Pteridophyta, Ericaceae, Orchidaceae) fueron enviadas al herbario de Kew, donde eventualmente algunos duplicados se distribuyeron al herbario del Jardín Botánico de Nueva York (NY). La presencia de tales colectas, el nombre del colector, la región geográfica (Antioquia, Medellín), los años de colección (1842, 1858), son informaciones todas que sugieren que nuestro Jarvise (como aparece en las etiquetas de herbario) era el excéntrico médico que alguna vez acompañó a Boussingault en Marmato. José Jerónimo Triana tuvo contactos con Jarvise en Rionegro en 1850 pero, a partir de este año, y salvo la anotación de 1858 como una de las fechas de colecta, nada más se sabe sobre la trayectoria de Jarvise en el país ni la fecha cierta de su salida de la Nueva Granada hacia Europa. Se puede afirmar este último debido a que Boussingault da cuenta de alguna correspondencia con Jarvise desde Inglaterra. El destino final y la fecha de deceso se desconocen.

En 1845, cuando W. Jarvise era uno de tantos guaqueros en el paisaje minero de Antioquia, llegó a Puerto Nare el escocés **William Purdie** (1817-1857). Ewan (1948) relata que Purdie llegó a Antioquia alrededor de 1845, procedente de los valles de Carare y Opón en el departamento de Santander. De acuerdo con Ewan, Purdie cruzó el Magdalena, navegó hasta Puerto Nare y de allí tomó el llamado camino de “Remolinos” (casi paralelo al camino de “Las Juntas”), que lo llevó al municipio de San Carlos, en el que realizó pocas pero significativas colectas de plantas. Purdie, más conocido por sus exploraciones en Jamaica, y la Sierra Nevada de Santa Marta, en el norte de Colombia, había iniciado un viaje de exploración en Sur América aparentemente bajo el estímulo de **Jean-Jules Linden** (1817-1898), explorador e importante comerciante belga de orquídeas. Serían las orquídeas y la fascinación

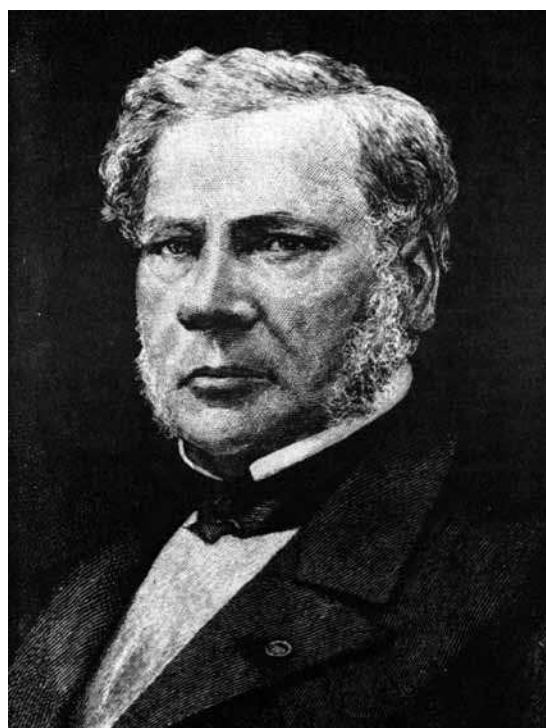


Figura 2.
Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887)
<http://jn.nutrition.org/content/84/1/1.full.pdf>

incontrolable de los europeos por ellas las que llevaron, a partir de 1848 y hasta 1913, a la visita de numerosos colectores de orquídeas (“cazadores”) al departamento de Antioquia.

3. Los cazadores de orquídeas

Es difícil explicar el interés de la Europa de los siglos XVIII-XIX por las orquídeas. En particular para finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX, Inglaterra se podía apreciar como una sociedad altamente industrializada, con enormes territorios y una élite boyante y ávida de consumo. Poco era el interés que por las plantas fluía en aquel entonces, al menos sobre plantas tropicales, si bien para esa época se habían hecho algunas introducciones, sobre todo de árboles y frutales de zonas subtropicales (i.e.: Chile); no obstante, su cuidado era en extremo exigente y los cultivos tenían por lo general éxito reducido. Para 1830, sin embargo, el desarrollo tecnológico en la manufactura de vidrio plano, la importación de guano como abono en Chile y el calentamiento por vapor de invernaderos fueron paulatinamente creando una infraestructura ideal para la propagación y manutención de plantas vivas, tanto del trópico como del subtrópico. En 1832, cultivadores y exportadores de plantas ornamentales de alguna importancia ya se habían establecido en Guatemala y México, y en ese año llegarían a Inglaterra los primeros *Phalenopsis* de las Filipinas y grandes cargamentos de orquídeas, follajes y suculentas de México y Guatemala (Lemmon, 1969). Entre esos cargamentos, las orquídeas despertarían interés por parte del público en general. Joseph Dalton Hooker (1817-1911), en 1845, entonces director del Jardín Botánico de Kew, dedicaría un número especial a las orquídeas de Bateman en su publicación *Curtis Magazine*. Bateman llamaría al año 1845 el “año dorado de las orquídeas”.

Surgieron en esa época compañías comercializadoras, con sus propios colectores en los trópicos y que habrían de celebrar en no pocas ocasiones subastas únicamente dedicadas a las ventas de plantas vivas. Famosas fueron las subastas de Veitch y Sanders de *Anthurium andreanum* Linden, numerosas especies de cattleyas, helechos arbóreos y plantas con bulbos. Aunque los ingleses dominaron por mucho tiempo el mercado, particularmente las firmas de Veitch and Sons y de Sanders and Sons, algunos competidores de alta talla, como Linden, en Bruselas, fueron tan competitivos, audaces y codiciosos como sus contrapartes inglesas (Irvin, 1960).

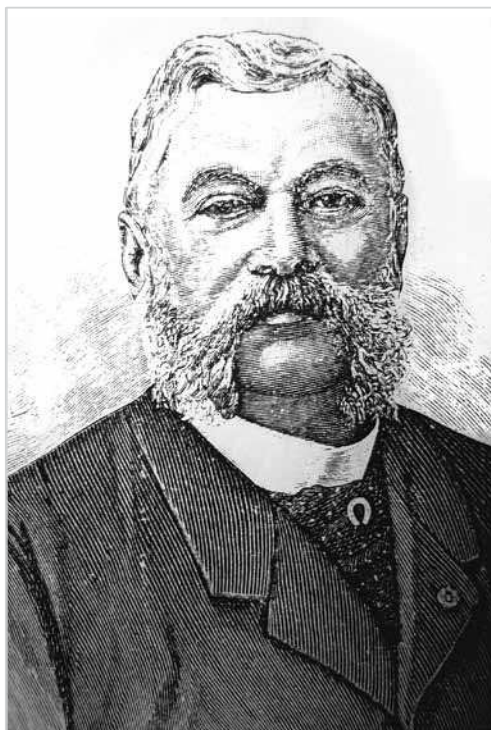


Figura 3.
Jean-Jules Linden (1817-1898)
(Imagen: Linden's, J. Establishment 1874)



Así entonces, Antioquia, a partir del período de 1845 a 1848 se convirtió en una de las principales regiones de Sur América como objeto de exploración botánica intensiva, inicialmente en procura de orquídeas y más tarde de otras ornamentales y frutas. La presencia de *Cattleya warscewiczii* Rchb. f. y de numerosas especies de *Masdevallia*, *Dracula*, Gesneriáceas palmas, zamias, etc., dieron lugar y espacio a más de un centenar de colectores de todas las pelambres, que habrían de recorrer la geografía de Antioquia en forma más detallada que las comisiones corográficas. A su vez, también que documentarían la vida y costumbres de sus habitantes, las bondades y los numerosos obstáculos que en sus condiciones de colectores, naturalistas o comerciantes habrían de padecer en un territorio agreste y difícil de comprender.

Los a menudo llamados cazadores de orquídeas (Yearsley, 1996) visitaron y colectaron plantas en Antioquia por encargo de órdenes de firmas europeas, durante casi todo el siglo XIX. Dada la naturaleza, a menudo puramente comercial de tales viajes, las rutas, sitios exactos de colección y fechas no son siempre rescatables de los ejemplares de herbario, y, para muchos de estos colectores, sus exploraciones en Antioquia son todo un rompecabezas, en algunos casos imposible de armar (Reinikka, 1972).

Algunos sitios en Antioquia comenzaron a adquirir cierta notoriedad como puntos de referencia para la colecta de especies de orquídeas con alto valor comercial en Europa; se destacó en especial el municipio de Frontino (Morren E. & A De Vos, 1887).

3.1 El distrito de Frontino

A pesar de su creación como distrito sólo en 1856, Frontino era desde 1850, sin embargo, una localidad de colección casi obligada para colectores de plantas y cazadores de orquídeas en la Colombia del siglo XIX (Schlechter, 1920).

La localidad referida como Frontino por muchos colectores de orquídeas del siglo XIX incluía, colectivamente, áreas de los actuales municipios de Frontino, Urrao y Cañasgordas. Proceden de esta región varias especies de orquídeas de alto valor comercial y de enorme potencial en programas de hibridación en Europa. De esta manera también llegarían a herbarios y viveros europeos, provenientes del distrito de Frontino, numerosas especies de *Begonia*, *Canna*, Ericáceas Gesneriáceas, palmas, Pteridophytas y zamias, Frontino sería para el año 1900, y luego del municipio de Medellín, el área de Antioquia más herborizada por colectores extranjeros. Visitaron Frontino los siguientes colectores: **Joseph R. v. Warszewicz** (1849), **Benedict Roezl** (1858), **Gustav Wallis** (1858, 1872, 1874, 1875), **J. Herny Chesterton** (1870, 1871), **Charles Patin** (1872, 1873), **Edward Shuttleworth** (1873), **William Kalbreyer** (1878, 1879, 1880), **David Buttler** (1882), **Federico Lehmann** (1884, 1891), **David Burke** (1890), **William Gordon** (1893), **Louis Forget** (1892, 1913) y **Arthur Ryall** (1912, 1913), entre otros (Chaudhri, 1972; Desmond, 1977).

He registrado desde 1848 hasta 1913 cerca de 60 colectores de orquídeas que visitaron el territorio de Antioquia; creo que merecen un capítulo aparte, mencionaré sólo los más importantes.

3.2 De Warszewicz a Millican

J. R. von R. Warszewicz (1812-1866) llegó por primera vez a Medellín en enero de 1849 y venía precedido de cierta fama como uno de los pocos profesionales colectores de plantas en su tiempo, experto en colibríes, y reconocido colector de reptiles, y anfibios, en particular de ranas.

También fue uno de los primeros en introducir especies tropicales de interés económico en jardines europeos de mediados de 1850. Nacido en Wilno (Lituania), en 1812, y de ascendencia polaca, era, para los 18 años un soldado renegado de la primera revolución polaca, situación que le llevó a emigrar a Alemania, donde, entre 1840 y 1844, ingresó como estudiante al Jardín Botánico de Berlín, al cual se

vinculó más tarde como empleado. En 1848 se radicó en Guatemala, de donde de manera continua enviaría miles de ejemplares vivos de *Marantha*, *Canna*, palmas, agaves, bulbos, orquídeas, no pocos insectos, ranas y numerosas especies de colibríes. Warscewicz realizó de su propio peculio exploraciones, tanto en Costa Rica como en Panamá, y después para casas comerciales en Perú, en donde fue el primer colector de plantas sobre el río Marañón.

Cuando llegó a Medellín en 1849, Warscewicz exploró los municipios de Amalfi, Santa Fe de Antioquia y Santo Domingo y los alrededores de Frontino. Habría de retornar a Antioquia en 1852; en esta ocasión estuvo colectando en los municipios de Cañasgordas, San José de la Montaña y Santa Rosa de Osos sí como en el corregimiento de Fuemía, en Frontino. Warscewicz tuvo una larga amistad con Adolf Richembach, para aquel entonces la máxima autoridad en orquídeas, y no sorprende entonces que la mayor parte de sus colecciones, incluyendo aquéllas de Antioquia, estén depositadas en el herbario del Jardín Botánico de Berlín (B).

De todos los colectores de orquídeas del siglo XIX que llegaron al territorio antioqueño, fueron los viajes de Warscewicz lo que motivó a casas comerciales europeas a enviar a sus colectores al departamento de Antioquia. Localidades como Amalfi, Cañasgordas y Frontino fueron realmente “descubiertas” para la orquideología por Warscewicz. En especial, sus colecciones de una especie de *Cattleya*, designadas luego por Adolfo Richembach, hijo, como *C. warscewiczii* Richb. f., tuvieron un impacto notable en Europa (Echavarría & Escobar, 1996). La especie se conocía en Berlín exclusivamente de ejemplares de herbario, pues los ejemplares vivos enviados por el barón a Europa, en su primer viaje, se habían perdido en el naufragio del barco que los transportaba sobre el río Magdalena. La búsqueda de esta especie de *Cattleya* llevaría a muchos otros colectores, como Gustav Wallis y Benedict Roezl, a explorar de manera casi obsesiva el territorio antioqueño (ver abajo). Joseph Ritter von Warscewicz murió en 1866 en la ciudad de Cracovia, en donde se desempeñó como supervisor de los jardines botánico de esa ciudad (Reinikka, 1972), residió allí sus últimos trece años de vida alejado de trabajo de campo y acosado por una fiebre amarilla recurrente.

Notorio entre los cazadores de orquídeas que visitaron Antioquia fue **Gustav Wallis** (1830-1878). Cuando Wallis visitó Antioquia por primera vez en 1858, lo hizo como empleado de la firma de Jean-Jules Linden, de Bélgica. Firma para la cual, Wallis colectó un apreciable número de orquídeas, entre



Figura 4.
J. R. von R. Warscewicz (1812-1866)
(Imagen: Reinikka, M. A. 1972. A history of the Orchid, 1967)



ellas *Cattleya warscewiczii*, conocida previamente por ejemplares de herbario de Warscewicz. Las colecciones del primer viaje de Wallis por Antioquia proceden de los municipios de Frontino, Guatapé, Medellín, Rionegro, San Carlos y Sonsón. Wallis dejó algunos escritos, a modo de diario de viaje, sobre sus experiencias en Antioquia. Sus descripciones del paisaje del municipio de Sonsón y la vívida descripción de toda especie de planta que le parecía de algún valor, revelan que Wallis no sólo rendía una exagerada idolatría a Linden, pero que también poseía un muy educado ojo para las especies de plantas con potencial ornamental. De los diarios de Wallis es posible rescatar las descripciones detalladas de muchas especies arbóreas de la flora antioqueña, algunas de ellas introducidas a Europa como rarezas (i.e especies de *Adelobotrys*).

Gustav Wallis colectó en Antioquia ejemplares (semillas) de *Adelobotrys*, *Cavendishia*, *Cecropia* y decenas de especies de orquídeas, que fueron introducidas en Europa y desplegadas a la venta en los catálogos de la firma de J.-J. Linden.

Wallis nació en la Baja Sajonia, Alemania; tuvo enormes limitaciones en su juventud: nacido sordo-mudo, siempre mostró dificultades para hablar, aun así, obtuvo un puesto de aprendiz en el Jardín Botánico de Munich y eventualmente fue contratado por Linden en 1858 y más tarde, en 1870, por la firma de Veitch and Sons. Wallis exploró la Amazonia brasileña, en 1858, en casi todo el curso del río, y más tarde colectó en varias islas de las Filipinas y en Panamá para Veitch and Sons. Wallis fue el primero en hacer colecciones de musgos en Antioquia, un apreciable número de los cuales, hoy depositados en el Museo de Historia Natural de Viena (W), proceden de los municipios de Frontino y Sonsón. En 1858 Wallis exploró territorio de Frontino, sobre la vertiente occidental de la Cordillera Occidental, en los alrededores de Murri, y llevó a cabo importantes colectas de especies de *Anthurium*, *Dracula*, *Epidendrum*, *Masdevalia*, *Odontoglossum*, *Telipogon* y *Zamia*. En 1872 llevó a cabo su segundo importante viaje a Antioquia y visitó en esta ocasión los municipios de Amalfi, Donmatías, Medellín, Santa Rosa de Osos y Yarumal. Las colecciones de Wallis procedentes de Antioquia están depositadas casi en su totalidad en el Herbario del Museo del Viena (W). Wallis murió en Cuenca, Ecuador, en 1878, víctima de la fiebre de malaria y la disentería (Linden's, J. Establishment, 1874; Otto, 1879).



Figura 5.
Gustav Wallis (1830-1878)
(Imagen: Flora Malesiana, 1950)

En forma casi simultánea con la presencia de Wallis en Antioquia, en 1872, encontramos al checo **Benedict Roezl** (1823-1885). Roezl nació en Praga en 1823 y fue descollante figura entre los cazadores de orquídeas en el neotrópico; para algunos fue un depredador de plantas mientras que para otros fue un eximio y experto colector. Roezl comenzó su carrera como horticultor en 1836, adquirió su experiencia en los jardines y colecciones privadas en Polonia y más tarde en Bélgica, donde permaneció cinco años hasta llegar a ser jardinero principal para la escuela de Horticultura del gobierno belga. Viajó a México en 1854 y creó un vivero para sembrar árboles frutales europeos; en este país perdió una mano mientras manejaba una máquina de su invención para extraer fibras de *Boehmeria*. Viajó extensivamente por México, Cuba, Panamá, Colombia, Bolivia, Venezuela y Perú. Sus colecciones condujeron a la descripción de más de 800 nuevas especies. Fue notorio por sus colecciones de orquídeas. Sus colectas deberían ser horribles, si se miran de acuerdo con los criterios de los conservacionistas del siglo XX, puesto que envió 10.000 ejemplares vivos de *Anoectochilus* y 3.000 *Odontoglossum* desde Medellín. En Antioquia colectó en los municipios de Amalfi, Cañasgordas, Frontino, Medellín, Santa Fe de Antioquia y Santo Domingo (Healey, 1975; Knobloch, 1979; Whittle, 1970).

Entre 1871-1874 envió cerca de ocho toneladas de plantas vivas a Europa, procedentes de Sur América. En Medellín, en 1873 redescubrió, la *Masdevallia ephippium* y la *Masdevallia macrura* en 1874, en Frontino. Especies colectadas por Roezl en Antioquia se encuentran depositadas en Viena (W). Roezl trabajó especialmente para Sanders & Co. Murió en Praga en 1885. Una estatua en Praga, en Charles Square, la única que se conozca dedicada a un colector de plantas, honra la memoria de Roezl.

Es pertinente hacer un paréntesis en nuestro relato para indicar que no todos los colectores de plantas extranjeros que llegaron a territorio antioqueño en el siglo XIX eran “cazadores de orquídeas”; unos pocos visitaron la región como naturalistas que formaban parte de comisiones científicas, financiadas por el Estado colombiano, o bien como empleados de firmas extranjeras interesadas en conocer el potencial ornamental que la flora de ciertas áreas ofrecía. Resalta, entre otros, **José Jerónimo Triana** (1822-1890); en el siglo XIX fue, sin duda alguna, el más connotado botánico de Colombia; que cuando visitó a Antioquia por primera vez, en 1852, lo hizo como el botánico jefe de la Comisión Corográfica, cuyos trabajos transcurrieron entre 1850-1859.

La Comisión Corográfica, bajo la dirección de Agustín Codazzi, fue un programa para el levantamiento político regional de Colombia, lanzado por el gobierno para estimar los límites del país, su geografía



Figura 6.
Benedict Roezl (1823-1885)
(Imagen: Reinikka, M. A. 1972.
A history of the Orchid)



y sus recursos naturales y mineros (Restrepo, 1991). Las colecciones de Triana en Antioquia no fueron muy abundantes y están depositadas en el herbario del Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia (COL) y en el Jardín Botánico de Kew (K). Las rutas de colección de Triana en Antioquia se rescatan de sus ejemplares de herbario y de la descripción que Linden & Planchon (1863) hacen de la visita de Triana a la provincia de Antioquia en 1852. Triana parece haber colectado al menos en tres ocasiones en Antioquia: en 1852, como miembro de la Comisión Corográfica; después, en 1858, en el municipio de La Ceja del Tambo, y, por último, entre 1865 y 1867, en el municipio de San Rafael.

Sus colectas de 1852 proceden de los municipios del oriente antioqueño, sobre el altiplano de la Cordillera Central, e incluyen a Girardota, Guarne, La Ceja del Tambo y Sonsón, (K). Es factible que, al cruzar en 1852 hacia el Chocó por la vía de Urrao, Triana también realizara herborizaciones sobre algunos municipios de la Cordillera Occidental (Linden & Planchon, 1863).

Seis años después del primer viaje de Triana a Antioquia, en 1858 desembarcó en el golfo de Urabá el alemán **Arthur Carl Victor Schott** (1814-1875), el primero y hasta 1910 el único que colectó plantas en el golfo de Urabá, en alrededores del municipio de Turbo. Schott llegó al golfo de Urabá a bordo de un barco que realizaba el levantamiento de las costas caribeñas para Inglaterra. Las colecciones de Schott incluyen varias especies de zonas estuarinas y de manglares, las primeras realizadas en esta azonalidad del bosque húmedo tropical en Antioquia. Sus colecciones, menos de 20 números, están depositadas en el Jardín Botánico de Nueva York (NY).

Otros tres importantes colectores de plantas, pero no necesariamente cazadores de orquídeas, son el belga-francés **Nicolas Funck** (1816-1896), el norteamericano **Isaac Farwell Holton** (1812-1874) y el francés **Édouard-François André** (1840-1911). Funk, por encargo de Jean-Jules Linden exploró los municipios de Nariño y Sonsón en 1845, pero no realizó colección alguna.

Holton, profesor de Botánica y pastor presbiteriano, visitó Puerto Nare y la bodega “Remolinos” en 1852 y realizó unas pocas colectas en los alrededores del puerto; sus ejemplares están depositados en NY (Holton, 1857).



Figura 7.
Édouard-François André (1840-1911)

E. André visitó a Colombia en varias ocasiones. En 1876 realizó colectas en Antioquia de numerosas especies de bromelias, anturios y begonias en los municipios de Caracolí, La Ceja del Tambo y Medellín. André fue un reconocido horticultor, y durante algún tiempo socio en la firma de J.-J. Linden, de Bélgica; fue viajero y taxónomo destacado e introdujo muchas especies de la flora andina en el mercado de plantas ornamentales de Europa.

Varios de los colectores de plantas y cazadores de orquídeas que durante el siglo XIX visitaron el departamento de Antioquia fueron también en algún momento miembros del cuerpo diplomático acreditado en Colombia. Entre ellos conviene hacer mención de **Charles Patin** (1852-1901), agrónomo y botánico belga, nacido en la ciudad de Strambruges en 1852 y quien visitó Antioquia inicialmente en 1872 como colector de orquídeas para una firma belga (von Broeck y Molina, 1997). Patin regresaría a Medellín en 1875 y, por encargo de inversionistas belgas, crearía con otros empresarios una compañía para el cultivo de vainilla en el valle del río Tonusco (municipio de Santa Fe de Antioquia). Aunque el cultivo prosperó por algún tiempo, los precios de la especia en Europa cayeron y así mismo la empresa de Patin.

Para 1887 Charles Patin era encargado en Medellín de la administración de una línea de tranvía de propiedad belga. Este multifacético hombre incursionó eventualmente en el negocio de exportar orquídeas, actividad que combinaba con sus clases de Botánica en la Universidad de Antioquia y sus obligaciones como cónsul de Bélgica para Antioquia y Cauca. Durante su permanencia en Medellín, Patin sería corresponsal del Jardín Botánico de Kew y muchas de sus colecciones de herbario serían depositadas en dicha institución, particularmente orquídeas y especies ornamentales de otros grupos, tales como Liliaceae, Araceae, Begoniaceae, etc. Las colecciones de Patin en Antioquia proceden de los municipios de Amalfi, Cañasgordas, Carolina del Príncipe, Frontino, Guarne, Rionegro y Santo Domingo (sector de Porce). Acosado por las deudas, Patin murió de forma trágica en Bruselas en 1901 (J. Kew Guild, 1904).

Excepto por Gustav Wallis y Friedrich Lehmann (1850-1903), ningún otro colector de orquídeas recorrió y herborizó en el siglo XIX el territorio antioqueño como lo hizo **Wilhelm E. Kalbreyer** (1847-



Figura 8.

Charles Patin (1852-1911)

(Imagen: Acuarela de C. Patin por John Jairo Colorado con base en una miniatura de Patin, de la familia Patin en Bogotá.



1912). Kalbreyer, alemán de nacimiento pero que vivió gran parte de su vida en Inglaterra y en Colombia, se inició como colector de plantas a la edad de 29 años, con ocasión de un celebrado viaje al África Tropical para la firma Veitch & Sons en 1876. En el primero de cuatro viajes a Colombia, y con el objeto de procurar especímenes de *Odontoglossum pescatorei* Linden ex Lindl., Kalbreyer fue enviado a Colombia en 1877. En 1878 recorrió la región del bajo Magdalena en Antioquia y exploró el sureste de la Cordillera Central. En su tercer viaje, en 1879, Kalbreyer colectó especies de dráculas, palmas, *Odontoglossum* y zamias, en la Cordillera Occidental en los municipios de Dabeiba, Frontino y Urrao. De este viaje Kalbreyer llevaría al Herbario de Kew una considerable cantidad de helechos, cerca de 360 números, que habrían de resultar en 18 nuevas especies. Para 1880, Kalbreyer ya había recorrido prácticamente todas las rutas existentes en Antioquia y colectado en los municipios de Amalfi, Barbosa, Cañasgordas, Carolina del Príncipe, Cocorná, Dabeiba, Frontino, Giraldo, Guatapé, Medellín (corregimiento de Santa Elena), Puerto Berrío, Puerto Nare, Rionegro, San José de la Montaña, San Carlos, Santo Domingo (Porce), Sonsón, Urrao y Yalí. Para 1881, Kalbreyer se había residenciado en Bogotá, para actuar como cónsul de Alemania y para administrar su empresa de exportación de orquídeas; fue un especialista y cultivador de *Odontoglossum*, *Laelia* y *Cattleya*. Su estancia “La Flora” era, para la época lo más cercano a un Jardín Botánico en la Bogotá de 1890 (Kalbreyer, 1890).

Para el tiempo en que Kalbreyer se residenciaba en Bogotá, 1884, uno de sus coterráneos, **Friedrich Karl Lehmann** (1850-1903), iniciaba sus exploraciones en Antioquia. Lehmann nació en Platkow, Brandenburgo, el 27 de diciembre de 1850; ingeniero de minas, aficionado a las orquídeas y naturalista de primer orden, Lehmann colectó por algún tiempo para la compañía Hugh Low & Co. de Inglaterra. En 1878 se estableció en Popayán (Colombia), como colector privado y cónsul de Alemania; en esta ciudad permaneció hasta poco antes de su muerte, acaecida en 1903. Contrajo matrimonio con María Josefa de Mosquera, nieta de Tomás Cipriano de Mosquera (durante varias ocasiones Presidente de la República de Colombia). Colector en Colombia, Costa Rica, Ecuador y Guatemala. Hombre culto y curioso y corresponsal preferido de especialistas en orquídeas de Europa, Lehmann sería, para finales del siglo XIX, el más importante colector extranjero de la flora colombiana. Dejó cerca de 1.500 colecciones de herbario, de estupenda elaboración y a menudo acompañadas de ilustraciones, notas sobre usos y nombres vulgares.

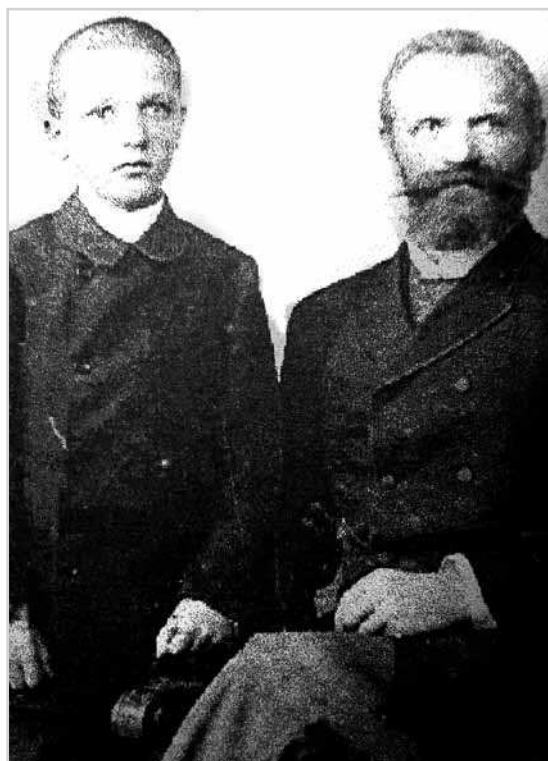


Figura 9.
Friedrich Karl Lehmann (1850-1903) y
su hijo F.K. Lehmann (ca. 1895).
(Imagen: cortesía de la familia Lehmann de Popayán
(Colombia))

En Antioquia, Lehmann realizó al menos dos viajes; entre septiembre y diciembre de 1884, para coleccionar en los municipios de Amalfi, Angostura, Carolina del Príncipe, Dabeiba, Frontino, Medellín, San Carlos, Santa Fe de Antioquia, Santa Rosa de Osos, Yarumal y Yolombó. En un segundo viaje, durante marzo de 1891, Lehmann coleccionó material de herbario en Cañasgordas, El Peñol, Frontino, Medellín, Nariño y Sonsón. Lehmann era un observador de primer rango y en varios de sus escritos enviados al *Gardener's Chronicle* haría muy cuidadosas descripciones sobre la geografía de plantas en Antioquia. Particularmente interesantes resultan sus notas sobre la flora de Frontino y las fuertes afinidades florísticas de esta región con las floras del Chocó y Valle del Cauca, áreas que él conocía bastante bien (Ewan, 1948). Lehmann murió en Timbiquí (Cauca), en circunstancias que en opinión de muchos permiten conjeturar un homicidio y no una simple caída al río (ésta fue la razón que se adujo) cuando estaba visitando minas de su interés; murió ahogado el 23 de noviembre de 1903. El herbario de Lehmann fue vendido por su viuda al Museo Británico (BM) y al Herbario de Berlín (B); existen duplicados para algunas colecciones en el Jardín Botánico de Nueva York (NY) y en el herbario del Smithsonian Institution en la ciudad de Washington (Gard. Chron, 1890, 1891; Lehmann, 1891).

Para el inicio del siglo XX, el número de colectores de orquídeas fue disminuyendo de manera ostensible en el trópico.

Como se expuso en los párrafos anteriores, el frenesí por el cultivo de orquídeas en la Europa industrial del siglo XIX matizó una época de exploración en los trópicos que es única en los anales de la Botánica y en la cual Antioquia exhibió un relativo protagonismo. Para 1842, Loddiges & Co. tenía en sus viveros casi 8.000 especies de plantas vivas, algo así como un cuarto del total de todas las especies de plantas para entonces conocidas, y que incluía más de 1.500 especies de orquídeas, 325 especies de helechos arbóreos y una colección, la más grande del mundo, de 105 especies de palmas procedentes de 28 países. El número de especies introducidas en Europa para 1878 procedentes de la exploración en los trópicos llegaría a más de 12.000 especies, incluyendo casi 4.500 especies de orquídeas. No obstante, estas exploraciones no fueron siempre color de rosa y los colectores europeos del siglo XIX



Figura 10.
Albert Millican (1854-1899)
(Imagen: Millican, A. 1891. *Travels and adventures of an orchid hunter*)



debieron enfrentar numerosos obstáculos para lograr su cometido. En la Antioquia del siglo XIX, amén de las largas travesías, la pobre alimentación y los casi endémicos conflictos bélicos, muchos colectores sucumbieron a causa de enfermedades como la malaria, la fiebre amarilla, la disentería, como víctimas de rencillas políticas o como soldados en conflictos regionales hoy ya olvidados.

Albert Millican (1854-1899), un inglés que visitó a Colombia en 1888, murió acuchillado en 1899 en una rencilla de bar en el municipio de Victoria (departamento de Caldas). Había escrito páginas memorables en su libro *“Viajes y aventuras de un cazador de orquídeas”*, referente a la vegetación y a las gentes de la región andina de Colombia. Para 1891, Millican se quejaba de la deforestación que en Antioquia habían sufrido sitios como Frontino, como consecuencia del comercio de orquídeas. **Arthur Ryall** (1874-1901) un joven colector de orquídeas que trabajaba para la firma Veitch, moriría de disentería en Puerto Berrío en 1901. En el mismo lugar 18 años antes **J. Henry Chesterton** (?-1883), uno de los más connotados entre todos los colectores de orquídeas y que visitó el municipio de Frontino en 1870 y 1871, murió de paludismo en 1883. **Carl Falkenberg** (?-1878) alemán que colectó orquídeas en el municipio de La Ceja del Tambo en 1870, murió en la isla de San Thomas entre fiebres y delirios de locura en 1878, y finalmente, **David Bowman** (1873-1903), colector de Aráceas en Brasil, y que realizó cortas visitas al distrito de Frontino, murió de disentería en Bogotá, en 1903; tenía entonces 30 años (Irvin, 1960; Lanjouw & Staffleu, 1954, 1957; Millican, 1891; Reinikka, 1972; Veitch, 1906, 1913).

4. La exploración botánica de Antioquia por parte de botánicos antioqueños en el siglo XIX

Resulta curioso que, muy a pesar del apreciable número de colectores de la flora de Antioquia llegados en el siglo XIX, poco o nada se referencia sobre ellos en la literatura antioqueña. Para 1874, existía una pequeña pero protagónica comunidad de botánicos en Antioquia quienes, como naturalistas, profesores y escritores, consignaría, en sus escritos las entonces apreciaciones de la flora antioqueña. **Andrés Posada Arango** (1839-1923), médico, naturalista y científico, logró reunir un notable herbario en Medellín, que incluía colectas de los alrededores de la capital y de sus corregimientos.

Su correspondencia con botánicos extranjeros y sus contactos con el herbario de París posibilitaron a Posada Arango hacerse de una apreciable biblioteca de Botánica. Posada Arango estableció una cátedra de Botánica en la Universidad de Antioquia, en 1874 (Álvarez, 1995; Posada de Greiff, 1995; Robledo, 1995), y, entre él y **Manuel Uribe Ángel**, (1822-1904) médico, naturalista, escritor y geógrafo, habían formulado en 1890, lo que posiblemente fue la primera propuesta ante un gobierno local para realizar un levantamiento de la flora de Antioquia. Efectivamente, la Asamblea Departamental aprobó un presupuesto de \$250,00 para iniciar el proyecto pero, por razones que se desconocen, el dinero nunca fue realmente asignado ni el proyecto iniciado. El herbario de Andrés Posada Arango fue destruido en un incendio ocurrido en Medellín en 1923; escasamente existen las fotos de unos pocos ejemplares de sus colecciones, alguna vez depositadas en los herbarios de Bruselas (BR) y París (P).

No conocemos, de otro lado, colecciones de herbario de **Joaquín Antonio Uribe** (1858-1935), una figura central en la formación y educación de jóvenes antioqueños en el área de Ciencias Naturales, y que durante toda su vida mantuvo una genuina preocupación por incentivar el conocimiento y la conservación de la flora de Antioquia, para él, una fuente inagotable de recursos para la alimentación y la salud. Uribe, profesor de escuela y luego docente universitario, compiló una apreciable cantidad de información sobre especies arvenses, plantas cultivadas y plantas útiles de la flora antioqueña, información consignada en varios textos, de los que resaltan: *La flora sonsonesa* (1928) y *la flora de Antioquia*, editada por su hijo Lorenzo Uribe Uribe y publicada por la Gobernación de Antioquia de manera póstuma en 1940. Nuestra relación de la Botánica antioqueña puede parecer bastante escueta, pero en el siglo XIX no existían en Antioquia museos ni herbarios. La labor de Posada Arango, Uribe Ángel y Joaquín Antonio Uribe impulsó la enseñanza de la Botánica y creó un interés sobre la importancia de los estudios en Ciencias Naturales en Antioquia, pero esto no se manifestó necesariamente en una exploración sistemática de sus recursos; ¡al parecer, los gobiernos de aquel entonces estaban ocupados con problemas más urgentes!

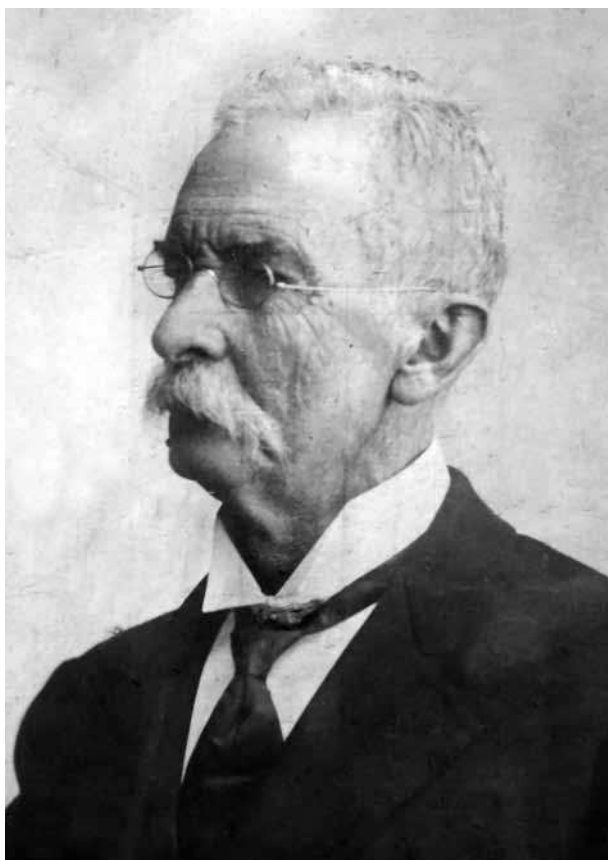


Figura 11.
Andrés Posada Arango (1839-1923)
(Imagen: Biblioteca Andrés Posada
Arango, Jardín Botánico Joaquín
Antonio Uribe de Medellín)



Figura 12.
Joaquín Antonio Uribe (1858-1935)
(Imagen: Jardín Botánico Joaquín
Antonio Uribe de Medellín)



5. La creación del Museo de Historia Natural del Colegio de San José y el herbario MEDEL

Para 1900, Medellín era ya una ciudad en continuo crecimiento y se había constituido en un centro de primer orden en Colombia en la industria de manufacturas, textil y de alimentos. Su población se acercaba a los 45.000 habitantes. Si bien el frenesí de las orquídeas moriría casi completamente con los acontecimientos de la Primera Guerra Mundial, seguían llegando a Antioquia diversos colectores. Sander (1953) relata la correspondencia enviada desde Medellín en 1913 por un colector francés, **Luis Forget** (1860-1916), a la firma Sanders & Co. de Londres, sobre las dificultades para localizar en Colombia los sitios donde prosperaban plantas de *Cattleya skinneri* Bateman. Sander sugiere en su artículo varias visitas de Forget a Antioquia y de sus colectas en Betulia y Puerto Berrío. Forget, quien se retiró como colector en 1914, fue el último de los cazadores de orquídeas del siglo XIX que estuvo en Antioquia.

Para 1910 llegaron a Colombia el micólogo **Otto Fuhrmann** (1871-1945), reconocido especialista en champiñones, y el médico y micólogo **Eugène-Charles-Georges Major** (1877-1976), suizos ambos, quienes visitaron durante casi siete años diversas regiones del país. Fuhrmann y Major llegaron a Medellín en febrero de 1910; sus colecciones de herbario, ahora depositadas en el herbario de Ginebra (G), relatan una historia de colectas en Antioquia en los municipios de Amagá, Bolombolo, Concordia, Fredonia, Puerto Berrío y Santa Bárbara (La Pintada). Para cuando los micólogos suizos dejaron a Colombia, en 1917, arribó a Medellín el estadounidense **Francis Whittier Pennell** (1886-1952), taxónomo de la familia Scrophulariaceae, fitogeógrafo y explorador, quien realizó dos expediciones en Antioquia. La primera en 1917, al páramo del Paramillo (municipio de Ituango), y la segunda en 1922, en el bajo Magdalena, con el apoyo del médico **Emilio Robledo** (1875-1961) y en compañía de los también norteamericanos **E.P. Killip** (1890-1968) y **E. T. Hazen** (1874-1943). Pennell, Killip y Hazen colectaron en los municipios de La Ceja del Tambo (en el cerro del Capiro) y Santa Rosa de Osos, así como sobre la vieja ruta de “Las Juntas” en los municipios de Cocorná y San Carlos. Pennell tenía un particular interés en zonas de alta montaña y exploraría también el cerro Tatamá, en el actual departamento de Risaralda, y los páramos de la Cordillera Oriental en Norte de Santander, en 1927. Hasta hoy, las colectas de Pennell (depositadas en los herbarios de PH y NY) procedentes de Paramillo son las más completas que se conocen para dicha región (Vegter, 1976, 1983, 1986, 1988).



Figura 13.
Francis Whittier Pennell (1886-1952).
(Imagen: Cortesía del Museo de
Historia Natural de Philadelphia)

En 1910, Antioquia experimentaba un auge en sus exportaciones de oro y en la creación de nuevos frentes de minería, pero también se sucedía una apreciable expansión de servicios, en especial para suplir una creciente industria agrícola, cuyo mayor protagonista eran los cultivos de café. Sucedieron en ese entonces dos eventos de particular importancia, muy relacionados con la realidad social y económica de principios de siglo y que habrían de transformar el desarrollo y la eventual expansión de las Ciencias Naturales en particular, de la Botánica, en Antioquia.

En primer lugar, en 1913, el hermano **Nicéforo María** (1888-1980) (Antoine-Rouhaire Siauzade), de la comunidad de la Salle, creó en el Colegio de San José de Medellín (un centro docente de formación primaria y secundaria fundado en 1890), el Museo de Historia Natural del Colegio de San José. El primero de su género conocido en Antioquia y que jugaría un papel crítico en la formación de jóvenes naturalistas en el departamento. En segundo lugar, en 1916, el gobierno nacional aprueba para Antioquia la creación de la Escuela de Agricultura (hoy Facultad de Agronomía) y de la Escuela de Minas (hoy Facultad Nacional de Minas). Posteriormente ambas entrarían a hacer parte de la sede regional de la Universidad Nacional de Colombia. La creación del Museo del colegio San José y de la Facultad de Ciencias Agrícolas propició eventualmente la formación no solo de herbarios (en 1930) pero también de un núcleo de investigadores interesados en la Flora de Antioquia. Así, en 1926, llegó a Medellín **Carlos Eugenio Chardón Palacios** (1897-1965), invitado por el gobierno colombiano para abordar la reestructuración de la Escuela de Agricultura (Kantrell, 2007). Chardón Palacios era un destacado micólogo puertorriqueño reconocido por sus trabajos sobre vectores y pestes de la caña de azúcar y el tabaco en la región del Caribe. Chardón Palacios llegó a Medellín en compañía de su colega y amigo **Rafael Andrés Toro** (1897-1981), también destacado micólogo, y quien iniciaría una serie de colectas de campo en alrededores de Medellín, en su mayoría de hongos ascomicetes y de la flora de plantas vasculares.

Rafael Andrés Toro realizó en 1927 y 1928 cerca de 1.300 colecciones en Antioquia, hoy depositadas en N.Y., en los municipios de Amagá, Armenia, Barbosa, Cisneros, Fredonia, Guarne, Medellín, Puerto Berrio, Salgar, San Roque, Santo Domingo (corregimiento de Santiago), Sonsón, Támesis, Titiribí, Valdivia y Valparaíso. Las colecciones de R. A. Toro incluyen muchas plantas arvenses, malezas y especies herbáceas pioneras de zonas cafeteras. Esto posiblemente lo llevó a escribir en el Boletín de la Academia de Ciencias Naturales (una publicación creada por el hermano Nicéforo María), varios artículos sobre la flora vernácula de Antioquia (Toro, 1928a, 1928 b, 1931a, 1931b).

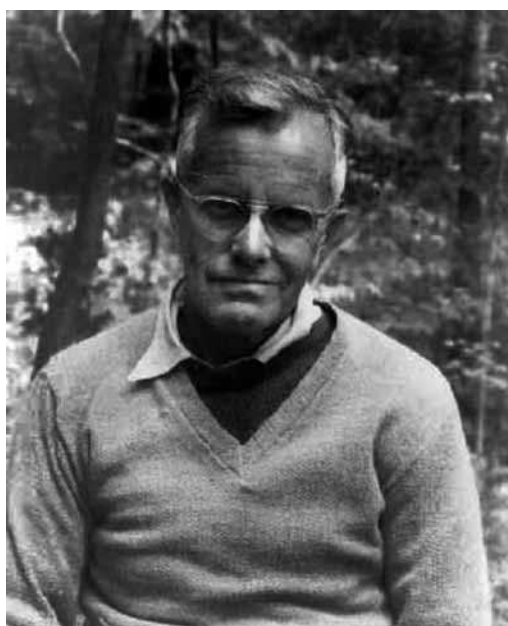


Figura 14.
Ellsworth P. Killip (1890-1968)
(Imagen: Cortesía del Instituto Smithsonian)

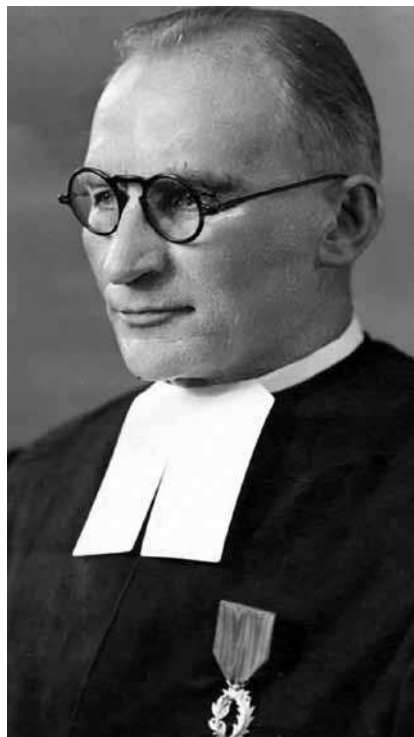


Figura 15.
Hermano Nicéforo María
(Antoine-Rouhaire Siazade) ((1888- 1980)
(Imagen: Archivos del Museo
de Historia Natural del Colegio de San José. Medellín)



Figura 16.
Carlos E. Chardón Palacios (1897-1965)
(Imagen: Kantrell, S. A.
2007. Inoculum 58: 10-12)

Para el tiempo que Chardón y Toro estaban en Medellín llegaba el ruso **Sergei Vasilievic Juzepczuk**, (1893-1959), botánico económico del Instituto Komarov, en Leningrado, y quien entre 1926-1927 realizó una extensa colecta de ejemplares de especies silvestres relacionadas a la “papa” (*Solanum tuberosum*), en Colombia. Juzepczuk colectó en Antioquia en los municipios de Cocorná, Guatapé, Medellín y Puerto Berrío; sus ejemplares se encuentran depositados en herbarios de los Estados Unidos (ILL, US) y Rusia (LE).

Para 1930 no existía aún en Antioquia un herbario, y la única colección de plantas era la del Museo del Colegio San José, cuyas colecciones, de otro lado, en su mayoría estaban dedicadas a la fauna y la mineralogía. En 1930, y con el objeto de crear y dirigir un herbario, llegó a la Escuela de Agricultura el botánico americano **William Archer** (1894-1973). Archer habría de iniciar colectas de exploración inicialmente en los alrededores de Medellín y en 1931-1932 se dedicó a explorar la flora de los municipios de Bello, Caldas, Fredonia, Guarne, Itagüí, Puerto Berrío, Rionegro, Santa Fe de Antioquia, Sonsón y Titiribí. Archer, que colectó cerca de 1.000 números, herborizó con ahínco muchos de los remanentes de bosque que por aquel entonces existían a lo largo de los diversos afluentes del río Medellín, en la zona urbana de la capital, en áreas hoy totalmente urbanizadas y transformadas. Sus colecciones, incorporadas en el entonces recientemente creado herbario de la ciudad (MEDEL), son las primeras y últimas de los remanentes del bosque premontano de Medellín, y por consiguiente, de importante valor histórico.

La presencia de Archer en la Escuela de Agricultura y el establecimiento en ésta de cátedras formales en botánica, fitopatología, entomología y micología, posibilitaron una creciente academia de jóvenes estudiantes; actividad que, en conjunto con los esfuerzos de educación escolar de los hermanos lasallistas, darían lugar a la formación de varios botánicos y taxónomos, cuyas colectas y escritos dominaron la Botánica de Antioquia durante gran parte de la primera mitad del siglo XX. De alguna manera la Botánica dejaba de ser el exclusivo dominio de la comunidad médica en Medellín.

En 1937 la actividad de exploración de la flora de Antioquia tomó nuevo vigor gracias a los hermanos lasallistas, muy especialmente en cabeza de su figura más importante para la Botánica en Antioquia,



Figura 17.
William Archer (1894-1973)
(Imagen: Herbario MEDEL)



el **hermano Daniel** (1908-1988) (Julián González Patiño). Fue profesor del Colegio de San José desde 1933 hasta 1967 y un destacado herpetólogo y botánico bogotano, que ejerció sus labores pedagógicas y científicas primordialmente en Antioquia. Un fiel convencido de la importancia de una buena educación, el hermano Daniel siguió fielmente las directrices de la comunidad de hermanos de la Salle; creó y auspició espacios de educación y formación, como la Sociedad de Ciencias Naturales Caldas, muy similar a lo que hoy podría denominarse un club de revistas.

Dicha sociedad reunió por muchos años jóvenes estudiantes de bachillerato, entusiastas y motivados, en quienes el hermano Daniel inculcó e incentivó el amor por la naturaleza, la Biología y las Ciencias Naturales en general. El Hermano Daniel colectó intensivamente en Antioquia. El y otros integrantes de la comunidad, como los hermanos **Apolar, Tomás y Estanislao**, herborizaron el departamento durante casi 40 años (1927 a 1963), en los municipios de Carolina del Príncipe, Cocorná, Copacabana, El Carmen de Viboral, El Peñol, El Santuario, Envigado, Girardota, Guadalupe, Heliconia, Jericó, La Ceja del Tambo, La Unión, Medellín (sectores de “Boquerón” y “Las Baldías”), San Jerónimo, San Pedro, Santa Bárbara (La Pintada) y Sonsón. El hermano Daniel escribió numerosos artículos sobre la flora de Antioquia y sobre sus exploraciones en diferentes partes de la geografía del departamento. El herbario del hermano Daniel, con cerca de 6.000 números de colección, se encuentra hoy en el herbario MEDEL, con importante número de duplicados en COL, el herbario del Museo de Historia Natural de Chicago (F), y el Instituto Smithsonian en Washington (US).

6. Colectores de la flora de Antioquia de 1940-1970

La presencia del hermano Daniel en Medellín y el herbario de MEDEL gradualmente se convirtieron en puntos de referencia y contacto para botánicos de otras latitudes interesados en la flora antioqueña. Así, entre 1940 y 1950 varios botánicos extranjeros visitaron a Antioquia. En 1942, **Robert D. Metcalf** (?-?) y **José Cuatrecasas Arumi** (1903-1996), exploraron y colectaron en los municipios de Santa Rosa de Osos, Valdivia (Puerto Valdivia) y Yarumal. José Cuatrecasas, ilustre taxónomo y una autoridad en la flora de Colombia, habría de realizar otras visitas a Antioquia. Tal es así que en 1958 colectó la vegetación paramuna del cerro Boquerón, en cercanía de Medellín, y en 1961 colectó en los municipios de Apartadó, Chigorodó y Dabeiba, San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia. Ejemplares de Cuatrecasas procedentes de Antioquia se encuentran depositados en COL y US.

En 1944, **Joseph Ewan** (1909-1999), taxónomo norteamericano y distinguido erudito de la Botánica de América, llegó a Medellín tras las huellas de Friedrich Lehmann y William Purdie y llevó a cabo colecciones en los municipios de Anorí, Argelia, El Bagre, Medellín y Zaragoza. En el mismo año, y siguiendo una ruta muy similar a la de Ewan, visitó a Antioquia el botánico norteamericano **Earl Lemley Core** (1902-1984), quién para entonces realizaba un tratamiento taxonómico del género *Sporolobus* (Cyperaceae). Core, gracias a sus contactos con la *Pato Gold Mines*, en el Bajo Cauca antioqueño, realizó colecciones en los municipios de Anorí (en el sitio denominado “Dos Bocas”), El Bagre, Yarumal (alto del Catatumbo) y Zaragoza (Core, 1951).

En 1947 llegó a Medellín **Fred Alexander Barkley** (1908-1989), botánico norteamericano quien había obtenido su título de doctorado en la Universidad de Washington en San Luis, Estado de Missouri (EE. UU.) en 1937 y quien desde entonces había ocupado numerosas posiciones como profesor e instructor de Botánica en Estados Unidos y México.

Barkley fue nombrado jefe del entonces creado departamento de Botánica en la Universidad Nacional, sede Medellín, y permaneció en Antioquia hasta 1949. Barkley era reconocido por sus contribuciones a la flora del sureste de Estados Unidos y sus publicaciones en Botánica económica y Fitoquímica; más tarde también obtendría alto reconocimiento como especialista en las familias Anacardiaceae y Begoniaceae. La llegada de Barkley a Medellín se dejó sentir inmediatamente en sus cursos de Taxonomía y también en la publicación de varios artículos sobre esquemas de clasificación y técnicas de herbario. Notas que fueron publicadas en la Revista de la Facultad de Agronomía, algunos de ellos escritos en

colaboración con Gabriel Gutiérrez, pupilo del hermano Daniel en la Sociedad Caldas y uno de los estudiantes más brillantes de Barkley. Gutiérrez tomó buen partido de la presencia de Barkley para adquirir una mayor experiencia y una más sólida estructura en su formación como botánico y taxónomo.

En la Universidad Nacional, Fred A. Barkley no se restringió sólo a sus cargos administrativos sino que rápidamente inició una serie de pequeñas expediciones de colecta de plantas en diversos sitios de Antioquia. Las colecciones de Barkley, unos 3.000 números, se realizaron casi todas con su colega argentina **Rosa Scolnik** (1906-1979) y su hijo adoptivo **Jorge Araque** (?) y, en ocasiones, con Gabriel



Figura 18.
Earl Lemley Core (1902-1984)
(Imagen: Castanea, 1985)

Figura 19.

Fred Alexander Barkley (1908-1989) (al fondo, a la derecha) y un grupo de estudiantes en el herbario MEDEL (1948) (Imagen: Cortesía del herbario MEDEL)





Gutiérrez o estudiantes de la Facultad de Agronomía (**William Johnson (?)**). Para el período entre 1944 y 1950, el número de colectores con especímenes depositados en MEDEL se incrementó de forma notable, posiblemente gracias al impulso que Barkley, y, más tarde, Gutiérrez, le imprimieron a la formación de botánicos en la Facultad de Agronomía.

Barkley colectó cerca de 2.500 números, hoy en su mayoría depositados en el herbario de la Universidad de Harvard (AMES), y con duplicados en COL, MEDEL y US. De 1947 a 1949, Barkley, Scolnik y Araque colectaron en todas las regiones fisiográficas de Antioquia, abarcando buena parte de los municipios. Barkley pretendía tener una idea concreta de la flora de Antioquia, lo que se revela no sólo en sus artículos sino también en el cubrimiento de sus colecciones en el departamento de Antioquia; en los municipios de Angelópolis, Caldas, Cañasgordas, Ciudad Bolívar, Chigorodó (Villa Arteaga), Dabeiba, Don Matías, El Carmen de Viboral, La Ceja del Tambo, La Unión, Medellín (Boquerón, Palmitas, Santa Helena), Nariño, Puerto Berrío, San Jerónimo, Santa Bárbara (La Pintada), Santa Fe de Antioquia, Santa Rosa de Osos (Hoyo Rico), Santo Domingo (Porce, Santiago), Sonsón (con inclusión de zonas paramunas), Sopetrán, Turbo y Venecia.

Durante el tiempo de la estadía de Barkley en Medellín llegó en 1948, **Walter Henricks Hodge** (1912-), botánico, explorador y fotógrafo destacado, que participó en la búsqueda de quinas en la zona andina, en la década de los cuarenta, en plena Segunda Guerra Mundial. Hodge visitó a Antioquia en cuatro oportunidades, en 1945, 1946, 1947 y 1948. Colectó cerca de 400 números de ejemplares de herbario (COL, F, MEDEL, NY y US.), procedentes de los municipios de Caldas, Chigorodó, Dabeiba, El Retiro, Envigado, Guadalupe, Medellín, Mutatá, Rionegro, Sopetrán y Santo Domingo.

En 1948, Hodge y Gutiérrez, con base en las colecciones depositadas en MEDEL, publicaron dos artículos sobre la flora de Antioquia, en la que listan todas las especies para ellos conocidas del departamento. Estos dos artículos se publicaron ocho años después de que Lorenzo Uribe Uribe editara el manuscrito inédito de *La Flora de Antioquia*, obra escrita por su padre, Joaquín Antonio Uribe.

El período entre 1945 y 1960 ciertamente marcó una época en el desarrollo de la Botánica, la exploración del territorio antioqueño y un mejor conocimiento de su flora. Durante ese período ingresaron a MEDEL numerosas colecciones procedentes de las colectas en 1947 de los municipios de Caldas y Santa Bárbara efectuadas por **Charles Blackman** (?-?); colecciones de **M. K. Klevens** (?-?) en los alrededores de Medellín; **Nelson Delgado** (?-?); en Venecia; **Francisco Luis Gallego M.** (1903-1971) en Cañasgordas, Sopetrán y Venecia; **Francisco López** (?) en Chigorodó, y **Francisco Rivera** (?-?) en Hoyo Rico, corregimiento de Santa Rosa de Osos. En 1948, **Charles Sandeman** (?-?) colectó en Medellín, Rionegro, Segovia y algunos municipios del Bajo Cauca. Sus colecciones están depositadas en el herbario K; en el mismo año, y luego en 1949 y 1951, **Lorenzo Uribe Uribe** (1900-1980) colectó en Chigorodó, Dabeiba, Entreríos, La Ceja del Tambo, Medellín, Nariño, Santa Rosa de Osos y Santuario. En 1949 son asimismo importantes las colecciones de **Jairo Correa** (?) en el municipio de Ciudad Bolívar, las de **Jesús María duque Jaramillo** (1892-1952) en 1952 en alrededores de Medellín, las de **Rafael Romero Castañeda** (1910-1973), en 1955, en el municipio de San Carlos y las de **C. Hatheway** (?-?), en el mismo año en Caldas, San Luis y Santa Bárbara. Entre 1956 y 1958, **José Miguel de Garganta Fábrega** (1903-?) exilado español, botánico-farmacéuta, colectó en el páramo de Sonsón y los municipios de San José de la Montaña, Santa Rosa de Osos y Yarumal; los ejemplares respectivos se encuentran depositados en los herbarios de MEDEL y MO.

6.1. Herbario MEDEL, Gabriel Gutiérrez Villegas y Luis Sigifredo Espinal Tascón

Hacia 1951 se creó en la Universidad Nacional, sede Medellín, la Escuela de Ingeniería Forestal, uno de cuyos profesores, **César Pérez Figueroa** (1926-2005), tomó como estudiante de tesis al vallecaucano **Luis Sigifredo Espinal Tascón** (1929-2008). Espinal, junto con Gutiérrez, fue uno de los botánicos de mayor relevancia por su conocimiento de la flora de Antioquia. Ecólogo, naturalista y trabajador

incansable, Espinal Tascón fue hombre sencillo y afable, a la vez que inspiración para varias generaciones de ingenieros agrónomos y forestales de la Universidad Nacional. Luego de su graduación, Espinal dedicaría sus esfuerzos a la elaboración del mapa de zonas de vida (Hodridge, 1967), tanto para Colombia como para Antioquia. Desde 1968 (ver capítulo de zonas de vida en este volumen) hasta poco antes de su muerte, escribió numerosos artículos y libros, a menudo financiados por él mismo, sobre las zonas de vida y los aspectos ecológicos de la vegetación en Antioquia. Importante para nuestra historia es su obra sobre la geografía de las plantas vasculares en Antioquia, publicada en 1966, en la que consigna un listado exhaustivo, el más completo hasta ese entonces, sobre flora de Antioquia (Espinal, 1966). Espinal colectó durante más de 15 años en numerosos municipios de Antioquia, incluyendo a Belmira, Chigorodó (Villa Arteaga), Envigado (Las Palmas), Guarne (sector del alto de la Sierra), Guatapé, Jericó, La Ceja del Tambo, La Unión, Medellín (Piedras Blancas, Robledo) Pueblorrico, Rionegro, San Pedro de los Milagros, Santa Bárbara (La Pintada), Santo Domingo (Porce), Sopetrán, Urrao, Venecia (en este caso en compañía de su profesor César Pérez Figueroa), y Yalí. La mayor parte de sus colecciones fueron depositadas en MEDEL con duplicados en COL y US.

Entre 1960 y 1974, varios acontecimientos darían nuevos bríos a la botánica en Antioquia. **Gabriel Gutiérrez Villegas** (1917-1973), para aquel entonces director del herbario MEDEL, proseguía su labor de profesor en el departamento de Botánica pero también en la ejecución y elaboración de su tratado de Botánica Sistemática, inicialmente con la intención de brindar un texto para sus cursos de taxonomía. Gutiérrez comenzó a recopilar toda la información existente sobre la flora de Antioquia, la que integró en su manual de Taxonomía, al estilo de monografías cortas, para las familias de Angiospermas de Antioquia. La flora de Antioquia, inmersa en un texto de laboratorio, conformaba una herramienta única para el aprendizaje de la flora regional, y Gutiérrez tuvo enorme cuidado en la descripción de sus especies y la rigidez de sus tratados. Lamentablemente, a la muerte de Gutiérrez, los manuscritos de un tercer volumen quedaron inéditos. En total, Gutiérrez “monografió” cerca de 1.000 especies de la flora de Antioquia. De alguna manera, su Manual de Taxonomía (1970, 1974) es lo más cercano que Antioquia estuvo en tener un tratado detallado de su flora.

Entre 1960 y 1968, la exploración de Antioquia fue menos prolífica pero no por eso los colectores dejaron de llegar. Antioquia recibió la visita de **Armando Dugand Gnecco** (Curador del herbario COL) (1906-1973), en 1960, cuando colectó en Cocorná, San Carlos y San Luis, y de **Scott Mori** (1941-) y **Michael Nee** (1945-), procedentes de la Universidad de Wisconsin y que colectaron en Puerto Berrío,



Figura 20.
Hermano Daniel (Julián González Patiño) (1908- 1988)
(Imagen: archivos del Museo de Historia Natural.
Colegio de San José, Medellín)



el bajo Magdalena y en los alrededores del municipio de Rionegro. Sus colecciones están depositadas en los herbarios de MO, NY, WIS y US.

7. Creación de los herbarios HUA y JAUM

En 1962 la Universidad de Antioquia (la más antigua de la región, fundada en 1803), crea el programa de Biología. En 1968, el departamento de Antioquia inauguró la ciudad universitaria de la Universidad de Antioquia, una enorme sede que habría de albergar numerosas facultades y que ofrecía programas en disciplinas en las que no se había brindado formación superior en Medellín, tales como la Física, la Química y la Biología. En 1969 se crea el herbario de la Universidad de Antioquia (HUA), y en 1970 se crea el departamento de Biología. El herbario HUA tuvo como primer director a **Doel Djaja Soejarto** (1939-), botánico de origen indonesio, especialista en la familia Actinidiaceae y estudiante de doctorado de **Richard Evan Schultes** (1915-2011), en la Universidad de Harvard. Soejarto contribuyó de manera ostensible a la formación de taxónomos en la década de los setenta en Antioquia, algo que logró mediante la estructuración de diversos cursos en botánica general, morfología de plantas vasculares, microtécnica vegetal y botánica económica. Soejarto supo atraer estudiantes a su área de interés y les brindó la oportunidad de tener como profesor, en el entonces nuevo curso de Botánica económica, al mismo R. E. Schultes.

Uno de los estudiantes de Schultes, y amigo cercano de Soejarto, **Timothy Charles Plowman** (1944-1989), visitó a Antioquia en 1974, procurando ejemplares de Solanaceae para su tesis de doctorado. Plowman, en compañía de **Juan Guillermo Saldarriaga** (?) (MEDEL) colectó en las inmediaciones de Medellín y en el valle selvático del Atrato y Urabá en los municipios de Chigorodó, San Juan de Urabá y Turbo. Ejemplares colectados por Plowman se encuentran depositados en los herbarios de AMES, COL y MEDEL.

La primera promoción de estudiantes de Botánica bajo la dirección de Soejarto incluye seis figuras de la botánica en Antioquia; **Ramiro Fonnegra** (1947-), palinólogo y quien durante varias ocasiones se ha desempeñado como director del herbario HUA.

Fonnegra es un importante colector de la flora Antioqueña, especialmente en la región del Urabá, en los municipios de Dabeiba y Mutatá, en los del suroeste en Ciudad Bolívar, Fredonia, Jericó y Venecia, así como en el de Anorí, en la región del Bajo Cauca (Fonnegra, 1986).



Figura 21.
Ramiro Fonnegra G. (1947-)
(Imagen: cortesía de Ramiro Fonnegra)

Lucía Atehortúa (1949-), quien, gracias a Soejarto, lograría establecerse como una de las primeras pteridólogas de Colombia, en 1986 formuló ante COLCIENCIAS una propuesta para el inventario de la flora de Antioquia, que habría de resultar en el muestreo más exhaustivo de la flora hasta entonces realizado. Atehortúa ha colectado en Antioquia, especialmente Pteridofitas, en los municipios de Anorí, Cáceres, Caucasia, Dabeiba, Envigado, Frontino, Guarne, Medellín, Mutatá, Rionegro, Urrao, Tarazá y Valdivia (Atehortúa, 1985).

Darío Sánchez (1947-), taxónomo de la familia Annonaceae, director del herbario MEDEL y más recientemente curador del herbario JAUM. Son importantes las colecciones de Sánchez procedentes de los municipios de Betania, Ciudad Bolívar y Frontino.

José Idelfonso Santa (1949-), el primer especialista de Lycopodiáceas en Antioquia, y profesor del Instituto de Biología, en el que durante muchos años impartió el curso sobre Morfología de plantas vasculares. Las colecciones de Santa en Antioquia, en su mayoría de isoetes, lycopodios y selaginelas, incluyen especies de los municipios de Anorí, Caldas, Frontino, Guarne, Guatapé, Rionegro Santa Rosa de Osos y Urrao (Santa, 1986).

Daniel Villa (1947-1973), el primer estudiante en graduarse como biólogo del instituto, y cuya tesis contó con la dirección de Soejarto: *Los árboles ornamentales de Medellín*.

Enrique Rentería Arriaga (1950-), incansable colector de plantas, especialista de Anacardiaceae, fue director del herbario de la Universidad Industrial de Santander (UIS), en Bucaramanga, y profesor durante muchos años del curso de Fitogeografía en el Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia. Rentería realizó importantes colectas de la flora de Antioquia en los municipios de Anorí, Caucasia, El Bagre, Mutatá, Puerto Berrío, Remedios, Segovia, Turbo y Yondó.

Mientras HUA se desarrollaba bajo la tutela de Soejarto, Medellín se preparaba en 1972 para recibir al VII Congreso Mundial de Orquideología, un evento que llevó a la ciudad a crear un escenario para recibir miles de visitantes y, de igual manera, miles de orquídeas. Se inauguró en ese año el Jardín Botánico de Medellín “Joaquín Antonio Uribe”. La creación del Jardín Botánico fue posible gracias al impulso de la administración pública, algunas fundaciones privadas, la industria antioqueña y, muy particularmente, la Sociedad Colombiana de Orquideología (SCO), con sede en la ciudad.

Figura 22.

Linda K. Albert de Escobar (1940-1993), estudiantes y personal del herbario HUA, en el taller del herbario. De izquierda a derecha y en primer plano aparecen: Linda K. Albert de Escobar, Omar D. Escobar, Jaime Escobar, Dora Luz Patiño, Nancy Contreras y Alba L. Arbeláez; en el fondo, de izquierda a derecha, Wilson Rengifo e Iván Escobar (ca. 1988). (Imagen: cortesía de Alba L. Arbeláez)





Las orquídeas, como ocurrió en el siglo XIX, se convertirían en el mayor atractivo para visitantes y el público en general en Medellín, pero también, ahora en el siglo XX, la excelente excusa para crear no sólo un Jardín Botánico sino también un nuevo herbario. Tres años después de la formación de HUA se creaba entonces el herbario JAUM, un nuevo centro para la documentación de la flora de Antioquia al cual se integraría en poco tiempo la colección de orquídeas de la SCO, con cerca de 1.000 ejemplares y más de 250 tipos. El herbario JAUM, a diferencia de HUA y MEDEL, contó desde su inicio con el apoyo de una biblioteca, la cual se había formado con la donación de la colección de libros de Andrés Posada Arango, que otrora fuera la más grande biblioteca de Ciencias Naturales en Medellín, y de una donación del botánico antioqueño **Enrique Pérez Arbeláez** (1896-1972). Así, en 1974 Antioquia ya contaba con tres herbarios, y cada uno de ellos, a su manera, iniciaría o continuaría la exploración del territorio con enfoques en regiones particulares.

8. Djaja Doel Soejarto y Linda Katherine Albert de Escobar

En 1972, Soejarto formuló un proyecto ante Colciencias para realizar un levantamiento de la flora de Anorí. Allí, Soejarto empleó como sitio de colectas una estación biológica, en los alrededores de la planta de Providencia, una central generadora de energía para las dragas de la compañía Mineros de Antioquia (Soejarto, 1975).

El sector de Providencia ya había sido visitado desde 1950 por E. L. Core y J. Ewan, y en los años sesenta por personal de la Universidad de Wisconsin en programas para el control de malaria. La estación pasó, en la modalidad de comodato, al control del departamento de Biología de la Universidad de Antioquia y de manera instantánea se convirtió en sitio obligado de colección. Providencia, con una zona de bosques muy densos (bh-T y bmh-T), recibió a numerosos colectores de plantas por cerca de diez años, que harían de este sitio uno de los mejores colectados en el departamento. Estuvieron allí **John Shepherd** (1949-), **Bill Alverson** (1953-), **Starker White** (?) y **Julie Denslow** (1942-) todos de la Universidad de Wisconsin. Lucía Atehortúa, realizó un levantamiento de la flora Pteridológica de Anorí, Ramiro Fonnegra, colectó especialmente para la flora palinológica de Antioquia, **Ken P. Dumont** (?), del Jardín Botánico de Nueva York quien junto a **Luis Fernando Velásquez**, del departamento de Biología, colectó un apreciable número de hongos, y Jose Idelfonso Santa, realizó herborizaciones de selaginelas y lycopodios. Soejarto colectó casi 4.000 números de herbario y llevó a numerosos estudiantes a coleccionar en Providencia; entre ellos se incluye a **Domingo Percy** (1953-), **Sonia Castaño** (?),



Figura 23.
Djaja Doel Soejarto (1939-) y
Lucía Atehortúa Garcés (1949-)
(Fuente: Laboratorio de Biotecnología, Instituto
de Biología, Universidad de
Antioquia, Medellín. Foto: Ricardo Callejas P.)



Gloria Carmona (?-), **Frank Uribe** (1953-) y **Ricardo Callejas** (1954-). Aunque la estación biológica cerró a finales de 1980, se llevaron a cabo otras visitas importantes entre 1995-2000 a los bosques de Providencia por parte de **Julio Betancur** (1961-), Ricardo Callejas y **Francisco Javier Roldán** (1954-).

Soejarto continuaría como director de HUA casi hasta 1977, cuando partió hacia Estados Unidos con el fin de aceptar una posición en el Colegio de Farmacia de la Universidad de Chicago. Tomarían su puesto, inicialmente, Ramiro Fonnegra, posteriormente Lucía Atehortúa y, más tarde, **Linda Katherine Albert de Escobar** (1940-1993). Linda K. Albert, norteamericana, se había incorporado al departamento de Biología casi desde sus inicios, como parte de los “Cuerpos de paz”, en calidad de profesora de Ecología.

Linda impartió las cátedras de Ecología y Ecología Vegetal desde 1976 hasta 1990, y, como directora del herbario por cerca de ocho años, inició varios proyectos con parcelas en el alto del Gallinazo, en el municipio de Caldas (junto con **Alicia Uribe** (?-) y, más tarde, en bosques de la vereda Santa Rita del municipio de Guatapé (Uribe, 1987). Con el pasar del tiempo, Linda Albert se alejaría en gran medida de la Ecología para dedicarse a la taxonomía de Passifloraceae y a la dirección del herbario HUA. Su excelencia en la docencia y su muy dedicada labor con los estudiantes serviría de estímulo para nuevas generaciones de taxónomos; incluyendo a **Diego Giraldo Cañas** (1966-), Julio Betancur, Francisco Javier Roldán, **Orlando Marulanda** (?-) **Saulo Hoyos** (?-), **Juan José Hernández** y Beatriz Madrigal, entre otros (Escobar, 1982, 1984; Hoyos et al. 1983).

Las colecciones de Linda K. Albert de Escobar en Antioquia se acercan a casi 6.000 números de herbario, en su mayoría de los bosques de Anorí, Cáceres, Caldas, Cauca, Cocorná, Guarne, Guatapé, Marinilla, Rionegro, San Luis y Tarazá. Gracias a Linda se inició una serie de trabajos sobre floras regionales en el Magdalena Medio, en los municipios de Cocorná y San Luis. Las colectas se realizaron en forma intensa entre 1980 y 1983 por parte de Saulo Hoyos y Juan José Hernández y más tarde por Juan Guillermino Ramírez, y Dayron Cárdenas.

De 1980 a 1988 se llevaron a cabo múltiples proyectos de tesis por parte de los estudiantes de Biología en la Universidad de Antioquia formados bajo la tutela de Linda K. Albert y de los botánicos educados por Soejarto. Se resaltan las colecciones de **Jorge Brand** (1948-), casi 400, en la localidad de “Lomas Aisladas” (hoy casi totalmente deforestada), en el municipio de Turbo de la región de Urabá, y las colecciones de **Álvaro Cogollo** (1956-), en el área de Puerto Triunfo y en general en todo el Magdalena Medio. Cogollo, destacado experto de la flora colombiana, es actualmente director de un renovado y moderno herbario JAUM. Son también de resaltar las colecciones de **Juan Guillermo Ramírez** en el municipio de San Luis y Urrao y de **Dayron Cárdenas**, hoy director del herbario COAH, quien exploró y herborizó en los municipios de Chigorodó, San Carlos, San Francisco, San Luis, Turbo, Urrao, y Yarumal.

En el herbario MEDEL, varios estudiantes de la Facultad de Agronomía realizaban también exploraciones en Antioquia. **José Ramiro Londoño** (?-1985) y **Beatriz Eugenia García**, en 1984 exploraron y colectaron, para su proyecto de grado, la flora del Páramo de Frontino en el municipio de Urrao (García & Londoño, 1985). Rodrigo Bernal y Gloria Galeano exploraron así mismo buena parte del territorio antioqueño en procura de palmas.

De otro lado, visitaron Antioquia a partir de 1976; **Jeff Boeke** (?-) y **J.B. McElroy** (?-), de la Universidad de Nueva York, quienes colectaron en el páramo de Frontino (municipio de Urrao), y los municipios de Guarne, La Ceja del Tambo, y Rionegro (ejemplares depositados en MO y NY). También visitaron Antioquia taxónomos del Jardín Botánico de Missouri (MO), **Alwyn H. Gentry** (1945-1993), quien en 1976(?) colectó en el bajo Cauca (municipios de Cáceres y Valdivia), en compañía de D. Soejarto, y más tarde, en 1977, en Medellín, Santa Fe de Antioquia, San Jerónimo y Cañasgordas y en 1979 en el Parque Nacional Natural de las Orquídeas en el municipio de Urrao. Del mismo modo **Thomas B. Croat** (?-), también de MO, en 1980 visitó los municipios de Bolombolo, Medellín, Pueblorrico, Salgar y Urrao. Tanto Gentry como Croat seguirían visitando Antioquia durante los años 90 y 2000-2010 (T. B. Croat). Las colecciones de Croat y Gentry en Antioquia se encuentran en su mayoría en MO.



En 1977 **Gustavo Lozano Contreras** (1938-2000) curador del herbario nacional colombiano, COL, colecta ejemplares de Magnoliaceae en Sonsón y Yarumal, y en una segunda visita en 1980 colecta Melastomataceae y Magnoliaceae en Santa Rosa de Osos, Yarumal y Briceño. En 1979 **James L. Luteyn** (1948-) & **María Lebrón Luteyn** (?-), colectan en los municipios de Argelia, Frontino, La Ceja del Tambo, La Unión, Sonsón, Urrao y Yarumal. En 1983, **Clarence Dan Jonson**, (1931-2005), entomólogo de la Universidad de Arizona colecta cerca de 200 ejemplares en los municipios de Medellín, San Jerónimo, Santa Fe de Antioquia y Santa Bárbara. En 1983-1984 **James P. Folsom** (?-) colecta orquídeas, con Linda K. Albert en intermediación de los municipios de Anorí, Guatapé, San Luis y Urrao.

Debemos en este punto hacer una pausa en el camino para comentar muy brevemente sobre la exploración de Antioquia por parte de orquideólogos de la SCO en Antioquia. Como ya habíamos mencionado, el herbario de SCO, hoy en JAUM, contiene cerca de 250 tipos y casi 1.000 ejemplares. Infortunadamente, una apreciable cantidad de especies de orquídeas en Antioquia han sido descritas a partir de material de vivero, previamente introducido, y cultivado a partir de colectas por particulares y para las cuales generalmente no se poseen datos precisos de localidades. De los datos recogidos en la colección de JAUM y en la literatura se rescatan las colecciones de **Guillermo Escobar** (?-), **Guillermo Misas** (?-), **J. M. Múnera** (?-), **Rodrigo Escobar** (1935-2009), **Carlyle A. Luer**, (1922-), **Calaway H. Dodson** (1928-), **Oscar Duque** (-2010) en Angostura, Cañasgordas, Chigorodó, Dabeiba, Frontino, Guatapé, San Pedro de los Milagros, Santa Rosa de Osos, Urrao, Valdivia y Yarumal. Del mismo modo, tenemos las de **Eric Hágsater** (1945-) mexicano y especialista en *Epidendrum* quien hizo importantes colectas (1996 y 1998) en los municipios de Abejorral, Caramanta, Dabeiba, La Unión, Medellín, Pueblorrico, Santa Rosa de Osos y Yarumal. Importantes así mismo son las colecciones de **Martha Posada de Robledo** (?-), en cercanías de Murri, en Frontino, y de **Mariano Ospina Hernández** (1934-), en Angostura, el alto de Ventanas, en Yarumal y los llanos de Cuivá, entre los municipios de Santa Rosa de Osos y Yarumal. Especies de orquídeas colectadas en Antioquia se encuentran depositadas en JAUM, o AMO, con numerosos duplicados en COL, MO, NY y SEL.

9. El proyecto de la Flora de Antioquia (1986-)

En 1985, en la Universidad de Antioquia, la profesora del departamento de Biología Lucía Atehortúa formuló ante Colciencias un proyecto para el levantamiento de la flora de Antioquia, el cual fue aprobado en 1986 para un periodo inicial de seis años y que en total se extendería casi hasta 1995. El proyecto de la flora de Antioquia contó inicialmente con el apoyo de los Jardines Botánicos de Missouri (MO) y Nueva York (NY), conjuntamente, e incluía dos subproyectos: la flora de Murri (Frontino), coordinado por Darío Sánchez en el herbario MEDEL, y un levantamiento de la micota de Antioquia, dirigido por **Yamillé Saldarriaga** (?-), **Gustavo García** (?-) y **Fabio Pineda** (?-), del departamento de Biología.

El proyecto de la flora de Antioquia de 1986, ya de carácter internacional y con la participación de dos universidades, presagiaba condiciones únicas para poder, finalmente, abordar la dantesca tarea de explorar todo el territorio en un solo programa. A diferencia de los esfuerzos, sobresalientes aunque solitarios, de Espinal en 1966 y de Gutiérrez en 1970, la nueva propuesta se hacía en un momento en que se contaba ya con tres herbarios en Antioquia. Se contaba además con un muestreo de la flora apreciable para su tiempo, una planta de taxónomos recién doctorados, un grupo de docentes y estudiantes con la disposición y pasión por las plantas, una organización administrativa eficiente, el apoyo incondicional de las instituciones y una infraestructura física impecable, y, ¡ah!, el dinero necesario para tan loable tarea.

En total, mediante una serie de 60 salidas de campo, con un promedio de seis días de duración, la participación de más de 20 colectores de plantas, y una muy eficiente coordinación entre HUA, MO, muy particularmente gracias a los esfuerzos de **James L. Zarucchi** (1952-), y NY, para la curaduría de las colecciones, se generarían cerca de 25.000 números de colección y aproximadamente 60.000 ejemplares.

El Proyecto Flora (PF), como se le conoció, creó nuevos espacios para la formación de estudiantes, gracias a la presencia de renombrados taxónomos de la flora del neotrópico que, como en el caso de Steven P. Churchill (MO-NY), aportarían al Proyecto Flora su notable experiencia en estudios florísticos, y también su enorme generosidad y enseñanzas en los trabajos de campo para los estudiantes. No sólo el estudio de las plantas vasculares recibió atención en el PF sino también la colección y el estudio de musgos, hepáticas y hongos. Ejemplares del Proyecto Flora, desde 1986 hasta 1995, fueron distribuidos a HUA (originales), COL, MEDEL, MO, NY, y K, con numerosos duplicados en AAU, F, GH, JAUM y PH.

La cobertura de colecciones del PF en Antioquia incluyó a 115 municipios. Pero las áreas boscosas de Murindó y Vigía del Fuerte, el extremo norte de Nechí, Yondó, los Farallones del Citará en los municipios de Andes, Betania y Ciudad Bolívar, y los municipios de San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá, entre otros, tuvieron, por factores externos al proyecto, un menor grado de exploración.

Los colectores al interior del PF son numerosos. En la Universidad de Antioquia participaron activamente en el proyecto, en las colectas de plantas vasculares, los profesores Lucía Atehortúa, Ramiro Fonnegra, Ricardo Callejas y Linda K. Albert de Escobar. En las colectas de hongos los profesores Yamillé Saldarriaga, Fabio Pineda y Gustavo García, y los entonces estudiantes de pregrado en Biología Julio C. Betancur, Francisco Javier Rodán, **Alba Luz Arbeláez** (?-), **María Victoria Arbeláez** (?-), **Dora Luz Echeverri** (?-), **Nancy Contreras** (?-), **Beatriz Echeverri** (?-), **Margarita Escobar** (?-), **Vicente Pérez**, y los técnicos de herbario **Omar Darío Escobar** (?-) e **Iván Escobar** (?-) y su coordinador **Jorge Wilson Rengifo** (?-). Del Jardín Botánico de Missouri, y bajo la coordinación de James L. Zarucchi, visitaron a Antioquia desde 1986 hasta 1990, el mismo profesor Zarucchi, **Gordon McPherson** (1947-), **John MacDougal** (1954-), **Alan E. Brant** (?) y Alwyn H. Gentry (1945-1993). (Dorr, 1997).

De la Universidad Nacional, sede Medellín, y como parte del proyecto de la flora de Murri, participaron el profesor y director del herbario MEDEL Darío Sánchez y los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Forestal **Diego Restrepo** (?-), **Dylia Stella Sylva** (1961-) y **Gladys Martínez** (?-). Del Jardín Botánico de Nueva York colectaron hongos **Ana Esperanza Franco** (?), hoy en Universidad de Antioquia, y **Roy E. Halling** (1950-). **Barbara M. Thiers** (1955-) realizó colecciones de hepáticas y Steven P. Churchill e **Inés Sastre de Jesús** (?) realizaron una exhaustiva colecta de musgos. Mientras que **Pedro Acevedo** (?-), **Douglas C. Daly** (1953-), **Dennis W. Stevenson** (1942-), **William W. Thomas**



Figura 24.
James L. Zarucchi (1952-).
(Imagen: cortesía de James L. Zarucchi)



(1951-), **James L. Luteyn** (1948-), **Michael Nee** (1947-) y **John J. Pipoly, III** (1955-) colectaron plantas vasculares. Paralelo con las actividades del PF, se desarrollaron también varios trabajos de grado. Los mismos que consignaron en detalle sendos tratados de Bromeliaceae (Julio Betancur) y Loranthaceae, Eremolepidaceae y Viscaceae (Francisco Javier Roldán) para la flora de Antioquia. Después de 1995, la curaduría del enorme número de colectas en los herbarios de HUA y MO consumió buena parte del período entre 1996 y 2000. Bajo la coordinación de **Olga Martha Montiel** (?-), y con el respaldo financiero de MO, la sistematización de los datos tomaría otros ocho años.

En forma simultánea con el PF, **Rodrigo Bernal** (1959-) y **Gloria Galeano** (1958-), entonces estudiantes de la Facultad de Agronomía y hoy sobresalientes taxónomos en COL, estaban llevando a cabo su trabajo de grado sobre las palmas del occidente de Antioquia, lo que daría lugar a una intensa recolección de especies de Arecaceae en buena parte del departamento. Las colecciones de R. Bernal en el municipio de Vigía del Fuerte, y, especialmente, en la región de Frontino, en proximidades de Nutibara y Murri, fueron numerosas. Su búsqueda de especies de palmas en Frontino en 1980, una región colectada inicialmente por Warscewicz, y revisitada por Wallis, Lehmann y Kalbreyer era de nuevo redescubierta por Bernal y Galeano. Fue similarmente explorada por Darío Sánchez en PF y, más tarde, objeto de colectas de la familia Ericaceae por parte de James L. Luteyn y D.S. Silva (NY) entre 1987-1989 (Luteyn & Sylva, 1999), así como el trazado de varias parcelas para el estudio de la vegetación por A. H. Gentry.

Durante el PF visitan a Antioquia varios otros colectores. En 1986 el agrostólogo, **Richard Walter Pohl** (1916-1993) procedente de la Universidad del Estado de Iowa, permanece en HUA durante tres meses y colecta Poaceae en los municipios de Guatapé, Medellín San Jerónimo, Santa Fe de Antioquia y Urrao (Pohl et al., 1985). Un poco más tarde, una de las estudiantes de Pohl, **Lynn G. Clark** (?-) colecta hierbas bambusoides en compañía de **Ximena Londoño** (?-) (Universidad del Valle), en los municipios de Jardín, Medellín, Montebello, Rionegro y Sonsón. Ejemplares de Pohl, Clark y Londoño se encuentran en COL, HUA, IOWA y MO).

En 1991 y hasta 1994, **Angela Gómez** (?-) herborizó, principalmente ericáceas en los municipios de Briceño, El Peñol, Guarne, Guatapé, Medellín, Santa Rosa de Osos, Valdivia y Yarumal (ejemplares depositados en HUA, MO, y NY).



Figura 25.
Gordon McPherson (1947-)
(Imagen: cortesía de Alba L.
Arbeláez)



En 1992, Álvaro Cogollo y John Pipoly establecieron, con el apoyo de la *National Geographic Society*, varias parcelas en el Parque de las Orquídeas, en jurisdicción del municipio de Urrao; (ejemplares depositados en JAUM y MO); en 1993, **Hermes Cuadros** (1953-) colecta un importante número de ejemplares, depositados en MO, en cercanías del cerro Paramillo, en el municipio de Ituango, y Á. Cogollo, del JAUM, entre 1995 y 2000 colecta en el Magdalena Medio, en los municipios de Cocorná, Puerto Triunfo y San Luis.

Terminamos aquí nuestro cubrimiento de la exploración botánica en Antioquia, que a nuestro parecer se inicia con el “herbario” de José Manuel Restrepo en 1807, y la cual afortunadamente aún no termina. A partir del año 2000 y hasta el presente se han incorporado nuevas generaciones a la comunidad de botánicos en Antioquia. El interés por explorar la flora de Antioquia sigue vívido, hasta tal punto que en el año 2000 se creó un nuevo herbario en la Universidad Católica del Oriente (HUCO). Colectar plantas no ha cambiado ostensiblemente desde los tiempos de Linnaeus en el siglo XVI y sigue aún siendo la actividad científica, con matices de arte, sobre la cual se construye nuestro saber en la Botánica. La realidad ambiental de Antioquia ha cambiado de forma ostensible y la presencia de colectores de plantas es, hoy, más urgente que antes. Bien lo afirmaba Goethe al final de sus días cuando escribía: “cuida tu vida como si fueras a morir mañana, pero cuida tu jardín como si fueras a vivir para siempre”.



Literatura citada

- Álvarez, M., V.M. 1995. La Medicina y los orígenes del pensamiento científico en Antioquia. Tres generaciones de médicos. 1810-1880. Anales Acad. Med. Medellín. 8: 35–49.
- Atehortúa, G., L. 1985. Contribuciones al conocimiento de los helechos del género *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae). Actual. Biol. 54: 122-131.
- Botero, G., F. 1991. Las vías de comunicación y el transporte. En: J. O. Melo (dir.). Historia de Antioquia. Suramericana de Seguros. Edit. Presencia, Medellín.
- Chaudhri, M.N.. 1972. Index herbariorum. Part 2(3): Collectors I–L. Regnum Veg. 86: 297–473.
- Core, E.L. 1951. Botanizing in the Northern Andes. Wild Fl. 27: 6–20.
- Desmond, R. 1977. Dictionary of British and Irish botanists and horticulturists. Taylor and Francis Ltd, London.
- Dorr, L.J. 1997. Plant collectors in Madagascar and the Comoro Islands. Royal Botanic Gardens Kew. Continental Printing, Belgium.
- Echavarría, R. A. & R. Escobar R. 1996. *Cattleya warscewiczii* and its principal variants. Orchid Digest 60: 60–70.
- Escobar, L. A. de. 1982. El Herbario de la Universidad de Antioquia. Actual. Biol. 40: 51-57.
- Escobar, L. A. de. 1984. Notas de Herbario, Universidad de Antioquia. Nuevas especies de la flora antioqueña. Actual. Biol. 49: 76–77.
- Espinal T., L.S. 1966. Esbozo de la Geografía de las plantas del departamento de Antioquia (Colombia). Universidad del Valle. Instituto de Biología. Cali.
- Ewan, J. 1948. A review of *Purdieanthus* and *Lehmaniella*, two endemic Colombian genera of Gentianaceae, and biographical notes on Purdie and Lehmann. Caldasia 5: 89–98.
- Ferro, M.G. 1995. Caminos de Arriería. En: Mariano Useche Losada (ed.). Caminos reales de Colombia. Fondo- FEN-Colombia. O. P. Gráficas Ltda., Bogotá.
- Fonnegra, G., R. 1986. Contribución al conocimiento de los bosques del noroeste de Antioquia (Mutatá) Colombia. Actual. Biol. 55: 2–9
- García, B.E. & J.R. Londoño. 1985. Estudio de la flora del Páramo de Frontino, Municipio de Urrao, Antioquia. Tesis de grado, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. Medellín.
- Gard. Chron. (Anónimo) 1890. 7: 183.
- Gard. Chron. (Anónimo) 1891. 10: 252.
- Healey, B.J. 1975. The plant hunters. Charles Scribner's Sons, New York.
- Henríquez, W.J. 1914. Historia del camino nacional de Frontino a Turbo, pasando por Dabeiba y Pavarandocito al Golfo de Urabá. Informe a Secretaría de Transporte, Frontino.
- Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical science center. San José, Costa Rica.



- Holton, I.F. 1857. *New Granada. Twenty Months in the Andes*. Harper & Brothers, New York.
- Hoyos, S. E., Hernández, J.J. & L. A. de Escobar. 1983. Estudio florístico de un bosque en el municipio de San Luis, Antioquia. *Actual. Biol.* 12: 47–58.
- Irvin, R. 1960. The early orchid collectors. *Orchid Rev.* 68: 164-170.
- Anónimo. 1904. *J. Kew Guild.* 12: 210.
- Kalbreyer: W. 1890. Foreign correspondence. *Gard. Chron.* 7:791.
- Kantrell, S.A. 2007. Dr. Carlos E. Chardón Palacios (1897-1965): Pillar of Mycology and Phytopathology in Latin America. *Inoculum* 58: 10–12.
- Knobloch, I.W. 1979. The plant collectors of Northern México. *Latin Amer. St. Cent. Monogr. Ser.* (Michigan St. Univ.). 17: 110.
- Lanjouw, J. & F.A. Stafleu. 1954. *Index herbariorum*. Part. 2(1): Collectors A–D. *Regnum Veg.* 2: 1–174.
- Lanjouw, J., & F.A. Stafleu. 1957. *Index herbariorum*. Part. 2(2): Collectors E–H. *Regnum Veg.* 9: 175–295.
- Lehmann, F.C. 1891. *Gard. Chron.* 10: 483.
- Lemmon, K. 1969. *The Golden age of plant hunters*. A.S.Barnes Publ. (1st ed.). London.
- Linden's, J. Establishment. 1874. *Catalogue of Grove and Greenhouse plants, Orchids, Palms, Ferns, New and rare plants, etc.* 91: 1–50.
- Linden, J. & J-E. Planchon. 1863. *Troisième voyage de J. Linden dans les parties intertropicales de l'Amérique*. 1^a parte. Botanique. Bruselas.
- Millican, A. 1891. *Travels and adventures of an orchid hunter*, Cassell & Com. Ltd, London.
- Luteyn, J.L & D.S. Sylva. 1999. “Murri” (Antioquia Department, Colombia): hotspot for neotropical blueberries (Ericaceae: Vaccinieae). *Brittonia* 51: 280–302.
- Morren, E. & A De Vos. 1887. *Index bibliographique de l'Hortus Belgicus, catalogue méthodique des plantes ornementales qui on été d'crites, figurées ou introduites en Belgique de 1830 a 1880*. Fédération des Sociétés d'Horticulture de Belgique.
- Otto, E. 1879. A la Mémoire de Gustave Wallis. *Belgique Hort.* 29: 5–19.
- Pohl, R.W., Clark, L. G. & P. De Ávila. 1985. Clave taxonómica para los géneros de Gramineae. *Actual. Biol.* 53: 75–88.
- Posada de Greiff, L. 1995. Andrés Posada Arango. Su vida y su obra. *Biblioteca Breve. Biografía de las Ciencias en Colombia*. Fondo FEN Colombia, Bogotá.
- Poveda-Ramos, G. 1996. Por la historia de la ciencia en Antioquia. *Anales Acad. Med. Medellín* 9: 15–19.
- Restrepo F., G. A. 1991. La transformación del medio siglo, la Comisión Corográfica, y la huella de



- José Jerónimo Triana. En: S. Díaz Piedrahíta (ed.). José Triana, su vida, su obra y su época. Acad. Colomb. Ci. Exact. Fís. Nat. Colección Enrique Pérez Arbeláez. 5: 129–147.
- Restrepo, J.M. 1809. Ensayo sobre la Geografía, producciones, industria y población de la provincia de Antioquia en el Nuevo Reino de Granada. Reimpresión del Fondo editorial Universidad EAFIT, 2007. Medellín.
- Reinikka, M.A. 1972. A history of the Orchid. University of Miami Press.
- Robledo, E. 1920. Boussingault en Antioquia. Repert. Hist. Acad. Ant. Hist. 3: 12–34.
- Robledo, V.M. 1995. Andrés Posada Arango. Datos biográficos y comentarios a su obra científica. Anales Acad. Med. Medellín 8 : 79–85.
- Sander, D.F. 1953. Notes on the collection of *Catleya gigas*. Orchid J. 2: 275–276.
- Santa, J. I. 1986. Anatomía del tallo y suscripción genérica en Lycopodiaceae. Actual Biol. 58: 102–116
- Sastre-De Jesús, I., Churchill, S.P. & M. Escobar. 1986. Catálogo de musgos del departamento de Antioquia, Colombia. Actual. Biol. 57: 77–94.
- Schlechter, R. 1920. Die Orchideenfloren der sudamerikanischen Kordillerenstaaten. II. Colombia. Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 7: 1–25.
- Soejarto, D. D. 1975. Estudios botánicos de un bosque Antioqueño (Providencia, Anorí, Antioquia). Actual. Biol. 14: 82–96.
- Toro, R.A. 1928a. Adiciones y enmiendas a la nomenclatura vernácula y científica de la flora Antioqueña I. Bol. Acad. Colomb. Ci. Nat. 95: 38–44.
- Toro, R.A. 1928b. Adiciones y enmiendas a la nomenclatura vernácula y científica de la flora antioqueña II. Bol. Acad. Colomb. Ci. Nat. 97: 146–154.
- Toro, R.A. 1931a. Contribución a la flora de Antioquia. Bol. Acad. Colomb. Ci. Nat. Nota preliminar. 109: 20–32.
- Toro, R.A. 1931b. Contribución a la flora de Antioquia. Bol. Acad. Colomb. Ci. Nat. 110: 57–64.
- Uribe de C., A., Escobar, L. A. de & J. Vallejo. 1987. Estudio ecológico y fenológico de un bosque pluvial en el municipio de Guatapé, Antioquia. Actual. Biol. 62: 106–124.
- Vegter, I. H. 1976. Index herbariorum. Part. 2(4): Collectors M. Regnum Veg. 93: 475–576.
- Vegter, I.H. 1983. Index herbariorum. Part. 2(5): Collectors N–R. Regnum Veg. 109: 577–803.
- Vegter, I.H. 1986. Index herbariorum. Part. 2(6): Collectors S. Regnum Veg. 114: 805–985.
- Vegter, I.H. 1988. Index herbariorum. Part. 2(7): Collectors T–Z. Regnum Veg. 117: 987–1213.
- Veitch, H.J. 1906. Hortus Veitchii. Chelsea, James Veitch & Sons, Ltd., London.
- Veitch, H.J. 1913. Messrs. James Veitch & Sons. Their Orchid Collectors. Orchid World 3: 262–265.
- von Broeck, A.M. & L.F. Molina. 1997. La presencia belga en Colombia. Bol. Cult. Bibliog. 34: 44.



Whittle, T. 1970. *The Plant*. Chilton Book Company, Philadelphia.

Yearsley, G. 1996. Benedict Roezl, the indefatigable orchid hunter. *Orchid Rev.* 104: 357–359.



Riqueza y diversidad para la equidad



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803



GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
Departamento Administrativo
de Planeación



MISSOURI
BOTANICAL
GARDEN