





# Entorno natural de 17 ciudades de Colombia

Incluye CD con los mapas en color

Michel Hermelin  
Editor



Entorno natural de 17 ciudades de Colombia / Michel Hermelin ...  
[et al.]. -- Editor Michel Hermelin. -- Medellín : Fondo Editorial  
Universidad EAFIT, 2007.  
344 p. : il., mapas ; 28 cm. -- (Ediciones Universidad Eafit)  
Incluye bibliografía.

ISBN 978-958-8281-70-4

1. Colombia - Descripción 2. Ciudades y pueblos - Historia -  
Colombia 3. Urbanismo - Colombia 4. Desastres naturales - Historia -  
Colombia 5. Zonas de actividad sísmica - Colombia 6. Geología -  
Colombia 7. Colombia - Aspectos socioeconómicos 8. Colombia -  
Población I. Hermelin, Michel. II. Serie.

918.61 cd 21 ed.

A1127399

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

## ENTORNO NATURAL DE 17 CIUDADES DE COLOMBIA

Primera edición: julio de 2007

© Michel Hermelin

© Sociedad Colombiana de Geología

© Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

© Fondo Editorial Universidad EAFIT

Cra.49 No. 7 sur-50

[www.eafit.edu.co/fondoeditorial](http://www.eafit.edu.co/fondoeditorial)

Email: [fonedit@eafit.edu.co](mailto:fonedit@eafit.edu.co)

ISBN: 978-958-8281-70-4

Fotografías de carátula: William Gil Restrepo

Editado en Medellín

Colombia, Sur América

# Autores

Adriana del Pilar Agudelo Restrepo

Ingeniera Geóloga, especialista en Gerencia de Proyectos. Se ha desempeñado como técnico científico en Ingeominas, y como profesora de cátedra en la Universidad del Cauca. Actualmente trabaja como coordinadora del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán.

Manuel Alvarado Ortega

Ingeniero Civil, ha realizado cursos de posgrado y especialización relacionados con hidráulica e ingeniería de ríos y costas. Tiene experiencia profesional en el Ministerio de Transporte, Universidad del Valle, Universidad de Los Andes, Naciones Unidas (UNDP) y Universidad del Norte. Actualmente es Director del Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales–IDEHA de la Universidad del Norte

Marco Idelfonso Álvarez Bastos

Geólogo con doctorado en Colorado School of Mines y especialización en Docencia Universitaria en la UIS. Ha estado vinculado al sector privado con empresas como Geoconsult como geólogo de proyectos y consultor. Actualmente trabaja con OXY, como geólogo de desarrollo.

Marta Lucía Calvache-Velasco

Geóloga, Ph.D. de Arizona State University, Tempe, Estados Unidos, M.Sc. de Louisiana State University, Baton Rouge, Estados Unidos. Ha sido secretaria de World Organization of Volcano Observatory–WOVO, miembro de la Sociedad Colombiana de Geología desde 1997. Actualmente es la subdirectora de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental de Ingeominas.

Héctor Fonseca Peralta

Ingeniero Geólogo, especialista en Gestión Ambiental, magíster scientiae en Ecología Tropical. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Actualmente es coordinador del Grupo de Investigación Ingeniería Geológica de esta institución.

John Eduardo Granada Salazar

Geólogo, especialista en Gerencia de Proyectos. Ha trabajado en la evaluación de amenazas naturales en la cuenca del río Páez, como administrador del recurso hídrico subterráneo del departamento del Cauca. Actualmente se desempeña como profesional especializado en la Corporación Autónoma Regional del Cauca.

Michel Hermelin

Ingeniero de Geología y Petróleos, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Medellín. MSc, Colorado State University; M.A, PhD Candidate Princeton University, Coordinador Grupo de Geología Ambiental, Universidad EAFIT; Programa de Maestría en Ciencias de la Tierra.

Hernando Lozano Quiroga

Geólogo. Master of Science, University of North Carolina. Ha trabajado como catedrático en la Universidad del Tolima y la Universidad Nacional, también como organizador de talleres sobre exploración de oro, técnico científico en Ingeominas y como consultor de minas y planes de ordenamiento territorial.

### Adriana Martínez Gómez

Geóloga, especialista en Legislación Ambiental, candidata a magíster en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Funcionaria de la Corporación Autónoma Regional de Caldas–Corpocaldas, catedrática en la Universidad de Caldas y presidenta del capítulo Caldas de la Sociedad Colombiana de Geología.

### Ricardo Arturo Méndez Fajury

Ingeniero Geólogo, especialista en Docencia Universitaria, diplomado en Prevención de Desastres con énfasis en vulcanología en Japón. Funcionario del Instituto Colombiano de Geología y Minería y actual coordinador del Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico - Ingeominas Manizales.

### Domingo Mendivelso López

Geólogo, especialista en Fotointerpretación aplicada a Geología. Magíster en Geomorfología Aplicada-ITC de Holanda. Profesor asistente del Centro Interamericano de Fotointerpretación CIAF, técnico científico en el IGAC, miembro de la Junta Directiva de la Sociedad Colombiana de Geología, capítulo Cundinamarca.

### Orlando Navas Camacho

Geólogo, especialista en Sensores remotos aplicados a estudios geológicos. Es coordinador nacional del Nodo Colombiano de Geomorfología y se desempeña como docente en la Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas–UDCA. Es el Presidente de la Sociedad Colombiana de Geología y miembro de la Junta Directiva del Consejo Profesional de Geología.

### Jorge Iván Orozco Betancurth

Geólogo, especialista en Ciencias de La Tierra y Medio Ambiente. Estudiante de la Maestría en Ciencias de La Tierra, Universidad EAFIT. Funcionario de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda–CARDER entre 1990 y 2007. Docente de las cátedras de geología y evaluación de impacto ambiental, en la Universidad Tecnológica de Pereira.

### Calixto Raúl Ortega Montero

Geólogo. Postgrado Centro Nuclear de la Casaccio, Geoquímica, Roma. Ha trabajado con la Empresa Colombiana de Carbón Ecocarbon–Carbocol, con Carbones del Oriente Carboriente-Colurano, y con Amoco Colombia Oil Co.

### Justo Pastor Padilla Acosta

Geólogo. Con experiencia en geología y geomorfología aplicadas a la ingeniería; desarrolladas en Ingeominas y en empresas de consultoría en ingeniería geotécnica: cartografía geológica y geomorfológica en proyectos de zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa; asesoría y temática en estudios sobre estabilidad de taludes y de obras civiles, entre otras.

### Elizabeth Pinilla Hernández

Geóloga egresada de la Universidad de Caldas en Manizales, elaboró su tesis en depósitos del volcán Cerro Machín, ex contratista de Ingeominas en la evaluación de los depósitos de piroclastos de caída al occidente del volcán Nevado del Ruiz.

### Blanca Oliva Posada Posada

Geóloga. Magíster (Msc.) en Ciencias de la Tierra. Especialista en GIS y SR aplicados a ordenamiento de zonas costeras del ITC de Holanda y en metodologías para los estudios de impacto ambiental. Sus intereses de investigación se centran en el campo de la geología marina y costera, con énfasis en los procesos de erosión litoral.

### Andrés Prieto Ramírez

Geólogo. Funcionario del Departamento Administrativo de Planeación Municipal de la Alcaldía de Santiago de Cali, a cargo de la coordinación y aplicación de estudios sobre amenazas naturales y del manejo de la gestión de riesgos dentro del Plan de Ordenamiento Territorial y del Plan de Desarrollo del Municipio. Es catedrático de la Universidad Autónoma de Occidente.

### Yacir Antonio Ramírez Luengas

Ingeniero Geólogo, especialista en Evaluación de Riesgos. Actualmente es consultor del MAVDT, en Gestión de Riesgos para la Región Caribe. Ha trabajado como asesor de la CAR Norte de Santander, en el municipio de Herrán, Norte de Santander, así como Director de proyectos de planes locales de emergencia y contingencia y del plan departamental de gestión de riesgos del departamento Norte de Santander.

### Diego Armando Rendón Giraldo

Ingeniero Geólogo. Hizo estudios de maestría en la Universidad de Shimane, Japón. Trabajó en Integral S.A., e hizo parte del programa de “Investigadores jóvenes” de Colciencias, en el departamento de geología de EAFIT. Actualmente trabaja como Ingeniero Geólogo Senior en Solingral S.A., y es profesor de la Universidad Nacional de Colombia.

### Germán Alfonso Reyes Mendoza

Geólogo, especialista en Riesgos Geológicos y Prevención de Desastres. Se ha desempeñado como contratista asesor, interventor y consultor en corporaciones autónomas regionales, y en empresas de estudios geotécnicos, constructoras, petroleras y ambientales. Actualmente trabaja como consultor en ingeniería geológica y geología ambiental urbana

### Luz Karime Rodríguez

Administradora de Empresas, con especialización en Procesos Estadísticos Aplicados y diplomado en Participación y Construcción de Ciudad. Experiencia profesional en diferentes

niveles de administración pública, organismos no gubernamentales, sector privado, trabajo con comunidades y en manejo del tema del ordenamiento territorial.

### María Isabel Toro Quijano

Ingeniera Geóloga, especialista en Ingeniería Ambiental. Actualmente vinculada al Programa de Maestría en Ciencias de la Tierra de la Universidad EAFIT. Trabajó en el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional. Se desempeña como asesora de la Dirección General de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge-CVS en Montería.

### Andrés Velásquez

Ingeniero Geólogo. Es profesor de la Universidad del Valle. Miembro fundador y actual director del grupo de investigación Observatorio Sismológico del Suroccidente-OSSO de la Universidad del Valle, de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina-LA RED y de la Corporación OSSO.

### Elkin Velásquez M.

PhD Geografía, Administrador público, I.G. CIDS-Centro de Investigaciones sobre Dinámica Social Universidad Externado de Colombia

### Herley Vergara Sánchez

Ingeniero Geólogo, especialista en geología minera, Universidad de Lieja, Bélgica. Catedrático de la Universidad Cooperativa de Colombia; consultor y asesor en geología para ingeniería, minería y geología ambiental.



# Contenido

Introducción:	
Colombia un país de ciudades .....	17
Bogotá .....	23
<i>Domingo Mendivelso López</i>	
<i>Orlando Navas Camacho</i>	
<i>Justo Padilla Acosta</i>	
<i>Elkin Velásquez M.</i>	
Armenia .....	51
<i>Ricardo A. Méndez Fajury</i>	
<i>Elizabeth Pinilla Hernández</i>	
Barranquilla .....	65
<i>Manuel Alvarado Ortega</i>	
Bucaramanga .....	89
<i>Germán A. Reyes Mendoza</i>	
<i>Marco I. Álvarez Bastos</i>	
Cali .....	117
<i>Andrés Velásquez</i>	
<i>Andrés Prieto R.</i>	
Cúcuta .....	135
<i>Yacir A. Ramírez Luengas</i>	
Ibagué .....	157
<i>Herley Vergara Sánchez</i>	
<i>Hernando Lozano Quiroga</i>	
<i>Luz Karime Rodríguez</i>	
Manizales .....	169
<i>Adriana Martínez Gómez</i>	
Medellín .....	187
<i>Michel Hermelin</i>	
<i>Diego A. Rendón</i>	
Montería .....	213
<i>María Isabel Toro Quijano</i>	

Neiva .....	233
<i>Germán A. Reyes Mendoza</i>	
Pasto.....	251
<i>Marta Calvache Velasco</i>	
Pereira.....	271
<i>Jorge Iván Orozco Betancurth</i>	
Popayán .....	285
<i>Adriana Agudelo Restrepo</i>	
<i>John E. Granada Salazar</i>	
Santa Marta .....	301
<i>Blanca Oliva Posada Posada</i>	
Sogamoso.....	319
<i>Héctor Fonseca Peralta</i>	
Valledupar .....	333
<i>Calixto Ortega Montero</i>	

# Índice de figuras

## BOGOTÁ

Figura 1. Localización de la sabana de Bogotá, Colombia, Suramérica.....	24
Figura 2. Mapa Geológico General de la sabana de Bogotá.....	26
Figura 3. Mapa estructural de la sabana de Bogotá y alrededores .....	30
Figura 4. Mapa geomorfológico de la sabana de Bogotá .....	31
Figura 5. Mapa generalizado de geología para ingeniería de la sabana de Bogotá .....	33
Figura 6. Las tendencias de deformación observadas en el perímetro urbano de Bogotá, mediante los datos de nivelación geodésica .....	35
Figura 7. Análisis de las deformaciones de la superficie del perímetro urbano de Bogotá mediante los datos de nivelación geodésica .....	36
Figura 8. Las 19 localidades administrativas urbanas de Bogotá.....	38
Figura 9. Frecuencia relativa de deslizamientos en las localidades de Bogotá .....	39
Figura 10. Amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa en Bogotá.....	40
Figura 11. Amenaza relativa por fenómenos de inundación en Bogotá.....	42
Figura 12. Perfil longitudinal de la cuenca del río Tunjuelo .....	43
Figura 13. Lagunas de inundación producidas en junio de 2002.....	45
Figura 14. Mapa de microzonificación sísmica de Bogotá. Zonas de igual respuesta dinámica .....	47

## ARMENIA

Figura 1. Mapa geomorfológico .....	54
Figura 2. Mapa tectónico .....	55
Figura 3. Mapa de la geología superficial de la ciudad de Armenia .....	57
Figura 4. Inestabilidad de terrenos en Armenia .....	61

## BARRANQUILLA

Figura 1. Delta reciente del río Magdalena .....	67
Figura 2. Cartografía antigua del río Magdalena mostrando su evolución para el período 1803-1900 .....	69
Figura 3. Cartografía antigua de Puerto Colombia entre los años 1885 y 1936 .....	70
Figura 4. Obras de encauzamiento en la desembocadura 1930- 1966 .....	71
Figura 5. Dique Direccional (1994) y obras de profundización (2006-2007).....	72
Figura 6. (Río Magdalena entre la desembocadura (K0) y Sabanagrande K50) .....	74
Figura 7. Diferentes desembocaduras del río Magdalena desde el Pleistoceno.....	76
Figura 8. Mapa geológico .....	77
Figura 9. Unidades geomorfológicas – Paleocauce de Sitionuevo .....	79

Figura 10. Variación de orillas Desembocadura (K0)-puente Pumarejo (K21 durante 1923-2006).....	80
Figura 11. Variación de orillas puente Pumarejo (K21)–Sabanagrande (K44) durante 1923-2006) .....	81

## BUCARAMANGA

Figura 1. Ubicación de Bucaramanga y su área metropolitana, conformada también por Girón, Floridablanca y Piedecuesta .....	90
Figura 2. POT para la distribución de la vegetación .....	92
Figura 3. Mapa de sismicidad, por magnitud y profundidad, según la RSNC .....	95
Figura 4. Mapa de esfuerzos neotectónicos en la mitad norte de la cordillera Oriental .....	97
Figura 5. POT para la distribución geomorfológica .....	98
Figura 6. POT para la distribución de la litología .....	101
Figura 7. POT para las amenazas .....	105
Figura 8. Barrios de Girón afectados por el desastre de febrero de 2005.....	107

## CALI

Figura 1. Cali en Colombia y en el valle geográfico del río Cauca. ....	118
Figura 2. Crecimiento urbanístico de Cali. ....	119
Figura 3. Formaciones geológicas superficiales.....	123
Figura 4. Posible correlación entre daños en redes de acueducto y suelos expansivos.....	126
Figura 5. Estratigrafía reciente y simplificada de la llanura de inundación del río Cauca en Cali.....	127
Figura 6. Microzonificación sísmica de Cali.....	128
Figura 7. Intensidades del sismo de Pizarro (noviembre 15 de 2004) en Cali.....	129

## CÚCUTA

Figura 1. Invasión de la ronda de río Pamplonita Conjunto Residencial .....	137
Figura 2. Cuencas hidrográficas .....	138
Figura 3. Geología urbana .....	141
Figura 3A. Leyenda estratigráfica .....	142
Figura 4. Áreas morfológicas homogéneas .....	144
Figura 5. Pendientes .....	145
Figura 6. Potencial minero energético .....	147
Figura 7. Suceptibilidad de amenazas geológicas .....	149
Figura 8. Zonas de riesgo .....	150

## IBAGUÉ

Figura 1. Mapa geológico de Ibagué y alrededores .....	159
--	-----

## MANIZALES

Figura 1. Mapa de clasificación de suelo .....	170
Figura 2. Mapa geomorfológico urbano.....	172
Figura 3. Mapa morfométrico urbano.....	173

Figura 4. Mapa geológico estructural.....	174
Figura 5. Mapa de riesgo por deslizamiento .....	176
Figura 6. Zonas en alto riesgo, antes y después de realizadas las obras de estabilidad.....	180
Figura 7. Plano de usos de suelo en las áreas morfológicas homogéneas .....	184

## MEDELLÍN

Figura 1. Mapa de elevación digital .....	188
Figura 2. Imagen de satélite .....	190
Figura 3. Mapa geológico y de relieve .....	192
Figura 4. Zonas de alto riesgo .....	198

## MONTERÍA

Figura 1. Localización de la cuenca hidrográfica del río Sinú.....	216
Figura 2. Mapa de unidades geomorfológicas del municipio de Montería .....	219
Figura 3. Geoformas colinadas correspondientes Sierra Chiquita, al sur del casco urbano .....	221
Figura 4. Calizas de la cantera Gallo Crudo .....	225
Figura 5. Ronda del Sinú, parque lineal donde la incorporación del patrimonio ambiental al espacio público es ejemplo a nivel nacional .....	228

## NEIVA

Figura 1. Mapa de localización regional del municipio de Neiva y su área urbana...	233
Figura 2. Plano urbanístico de la ciudad de Neiva.....	235
Figura 3. Red hidrográfica de Neiva, indicando con números las corrientes arriba descritas .....	237
Figura 4. Fotografías aéreas multitemporales (arriba año 1957; 1993, abajo) .....	238
Figura 5. Mapa geológico detallado de la ciudad Neiva.....	241
Figura 6. Síntesis de estudios de amenazas naturales recientes de Neiva .....	244

## PASTO

Figura 1. Localización del Municipio de Pasto .....	252
Figura 2. Llenos antrópicos inferidos en color rojo, con base en la foto interpretación multitemporal de fotografías aéreas de la ciudad de San Juan de Pasto y sus alrededores.....	255
Figura 3. Mapa de unidades geomorfológicas .....	259
Figura 4. Mapa de unidades geológicas superficiales .....	260
Figura 5. Mapa de minería y áreas con subsidencia y colapsos por explotaciones subterráneas .....	263
Figura 6. Mapa epicentral de los principales sismos ocurridos desde 1696 hasta el 2000 que históricamente han afectado la ciudad de San Juan de Pasto .....	264
Figura 7. Mapa de isointensidades en la escala de Mercalli Modificada, para el sismo ocurrido el 20 de enero de 1834 .....	265
Figura 8. Dibujo de Alphons Stübel realizada en 1869.....	266
Figura 9. Foto de la columna de vapor y gases del volcán Galeras, sobre la ciudad de Pasto, foto tomada en noviembre de 2005.....	267
Figura 10. Mapa amenaza volcánica del Galeras .....	269

## PEREIRA

Figura 1. Mapa localización .....	272
Figura 2. Geología.....	274
Figura 3. Neotectónica.....	276
Figura 4. Microzonificación sísmica.....	281

## POPAYÁN

Figura 1. Mapa del área urbana de Popayán .....	286
Figura 2. Mapa geológico generalizado del municipio de Popayán .....	289
Figura 3. Mapa de zonificación de amenazas por fenómenos superficiales del municipio de Popayán .....	292
Figura 4. Mapa de microzonificación sísmica de Popayán .....	294
Figura 5. Mapa de zonificación de amenaza por deslizamiento en el área urbana de Popayán.....	295
Figura 6. Mapa de zonificación de amenaza por inundación en el área urbana de Popayán.....	297

## SANTA MARTA

Figura 1. Precipitación media mensual multianual (1961-1990). Aeropuerto Simón Bolívar, Santa Marta.....	302
Figura 2. Cambios en la cobertura vegetal de los cerros tutelares de Santa Marta. .	303
Figura 3. Mapa geológico.....	306
Figura 4. Mapa geomorfológico.....	307
Figura 5. Mapa riesgo .....	309
Figura 6. Área de construcción urbana, según destinos para el año 2005.....	314
Figura 7. Mapa de expansión.....	315

## SOGAMOSO

Figura 1. Modelo digital de elevación de Sogamoso .....	322
Figura 2. Atractivos turísticos del municipio de Sogamoso .....	330

## VALLEDUPAR

Figura 1. Mapa geológico del Cesar .....	336
--	-----

# Índice de tablas y gráficos

## INTRODUCCIÓN

Tabla 1. Población de las diez mayores ciudades del mundo. 1950-2015 .....	17
Tabla 2. Resultados Censo Nacional 2005.....	18

## BOGOTÁ

Tabla 1. Secuencia litoestratigráfica de las unidades geológicas aflorantes en la sabana de Bogotá .....	27
--	----

## BARRANQUILLA

Tabla 1. Población de Barranquilla y su área metropolitana .....	84
--	----

## CALI

Tabla 1. Población de Cali.....	118
Gráfico 1. Crecimiento demográfico .....	120

## CÚCUTA

Tabla 1. Unidades cronoestratigráficas, litoestratigráficas, litológicas e hidrogeológicas de interés para el suministro de aguas subterránea en Cúcuta .....	140
Tabla 2. Crecimiento proyectado de la población 1998-2010 .....	153

## IBAGUÉ

Tabla 1. Abastecimiento de agua. Municipio de Ibagué.....	163
---	-----

## MEDELLÍN

Tabla 1. Formaciones vegetales del valle de Aburrá (Zonas de vida) .....	189
--	-----

## PASTO

Tabla 1. Unidades geomorfológicos, diferenciadas a partir de su origen, identificadas en el área de la ciudad de San Juan de Pasto .....	257
Tabla 2. Principales erupciones ocurridas en el volcán Galeras a partir de 1989.....	267

## PEREIRA

Tabla 1. Pérdidas por desastres asociados a fenómenos naturales entre los años 1950 y 2002 .....	279
--	-----

## SANTA MARTA

Tabla 1. Ríos que bañan el municipio de Santa Marta.....	304
Tabla 2. Zonas de riesgo y riesgos identificados para Santa Marta.....	308
Tabla 3. Registro de los últimos cuatro censos de población para el distrito de Santa Marta.....	310
Tabla 4. Déficit de educación en la ciudad de Santa Marta .....	312

## VALLEDUPAR

Tabla 1. Evolución de la Población de Valledupar .....	338
--	-----



## Introducción

# Colombia, un país de ciudades

**D**os de las características de la segunda mitad del siglo xx y del inicio del siglo xxi son el aumento de la población mundial, que ahora alcanza unos 6600 millones de habitantes y el crecimiento de la población urbana, que según la ONU es, desde 2003, el 50% del total (Heiken et al., 2003). El crecimiento de las megaciudades puede apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1. Población de las diez mayores ciudades del mundo. 1950-2015

Ciudad 1950	Población
1. Nueva York	12 300 000
2. Londres	8 700 000
3. Tokio	6 900 000
4. Moscú	5 400 000
5. París	5 400 000
6. Rhine-Ruhr (Essen)	5 300 000
7. Shangai	5 300 000
8. Buenos Aires	5 000 000
9. Chicago	4 900 000
10. Calcuta	4 400 000
2015 proyección	
1. Tokio	28 900 000
2. Mumbai	26 900 000
3. Lagos	24 600 000
4. Sao Paulo	20 300 000
5. Dhaka	19 500 000
6. Karachi	19 400 000
7. Ciudad de México	19 200 000
8. Shangai	18 000 000
9. Nueva York	17 600 000
10. Calcuta	17 300 000

Fuente: Mc Guire et al., 2002

Colombia no está exenta de ese fenómeno. Su población pasó de unos 10 000 000 de habitantes en 1953 a unos 42 000 000 según el último censo del DANE y en el mismo lapso de tiempo la proporción de su población urbana se

triplicó. En otras palabras, si a mediados del siglo xx uno de cada cuatro colombianos vivían en ciudades, ahora hay tres ciudadanos por cada habitante del campo. A diferencia de muchos otros países latinoamericanos, Colombia, además de su capital, tiene tres ciudades entre uno y dos millones de habitantes y dieciséis con más de doscientos mil habitantes. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos a raíz del Censo Nacional de 2005 (DANE 2005).

Tabla 2

Ciudad	Población
1. Bogotá	6 778 691
2. Medellín	2 223 660
3. Cali	2 075 380
4. Barranquilla	1 113 016
5. Cartagena	895 400
6. Cúcuta	585 919
7. Bucaramanga	509 918
8. Ibagué	495 246
9. Pereira	428 397
10. Santa Marta	414 387
11. Pasto	383 846
12. Montería	381 525
13. Manizales	368 433
14. Valledupar	348 990
15. Neiva	315 322
16. Armenia	272 574
17. Popayán	258 653
18. Sincelejo	236 780

Fuente: DANE, 2007

No se trata de examinar aquí las causas de esa evolución demográfica y de esa distribución de la población, que obedece a circunstancias económicas, políticas, sociales y geográficas. Basta con recordar que la fundación de las ciudades por parte de los españoles fue el resultado de encontrar un clima adecuado, agua y muchas veces, como en el caso del altiplano cundiboyacence, una organización política indígena que al ser suplantada puso a disposición de los conquistadores abundante mano de obra explotable a voluntad. En otros casos como Cartagena, se trataba de una situación estratégica privilegiada como puerto defendible contra ataques de enemigos. Otras ciudades se fundaron más recientemente y crecieron a expensas de localidades inicialmente escogidas durante la Colonia. Se pueden mencionar los casos de Medellín que suplantó a Santa Fe de Antioquia, de Bucaramanga que superó a Girón. Finalmente hay

ciudades que nacieron por migraciones internas de mediados del siglo XIX: Manizales, Pereira y Armenia.

Colombia, por su diversidad tanto geológica como climática (a menudo se olvida que la más conocida diversidad biológica se debe en buena parte a las anteriores), ofrece una gama de entornos naturales para la implantación y el desarrollo de sus ciudades. Es cierto que la primera ciudad fundada por los españoles en el continente tuvo que ser abandonada porque no cumplía con los requisitos elementales de suministro adecuado de alimentos: Santa María la Antigua desapareció pocos años después de haberse establecido en las selvas inhóspitas del Darién.

Los conquistadores que fundaban las ciudades –y varios siglos después los “colonizadores” antioqueños– no eran expertos en urbanismo, pero gracias a su sentido común escogieron lugares que cumplieran con los requisitos básicos: terreno plano (para cumplir con el mandato del Consejo de Indias: calles rectas perpendiculares, plaza central con iglesia, etc.), suministro adecuado de agua potable, disponibilidad de tierras para agricultura y ganadería, mano de obra indígena, y vías de comunicación, aunque esta última condición sólo se cumplía en forma muy aproximada.

Los lugares escogidos en cualquier época fueron en general adecuados. Pero lo fueron para poblaciones de tamaño reducido en comparación con el gigantismo urbano que caracteriza nuestra época. La “meseta” de Bucaramanga o el Valle de Aburrá para Medellín son lugares que podían soportar ciudades de 200 000 habitantes sin que se produjeran conflictos mayores en el entorno, pero hoy en día están totalmente copados.

El problema surge a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando el país empieza a crecer aceleradamente tanto en demografía como en urbanización. Las ciudades lo hacen en la totalidad de los casos en forma desordenada, se ocupan terrenos expuestos a amenazas naturales, y se pierde el control de esa convivencia a medias con la naturaleza; a medias porque a pesar de sus conocimientos empíricos, los fundadores no eran capaces (aún no lo somos a cabalidad, si bien se ha progresado en la identificación de amenazas naturales) de prever fenómenos destructores como sismos, erupciones volcánicas o aun grandes inundaciones. El sentido común les permitía intuir la presencia de inestabilidad o de inundaciones bastante frecuentes, pero de poco servía para anticipar terremotos o erupciones volcánicas relativamente escasos en España y en Europa en general.

Resultado de esa imprevisión, por cierto perfectamente explicable, es el alto precio que han pagado las ciudades colombianas ante las llamadas iras de la naturaleza: Bogotá destruida por sismo en 1810, Popayán en varias ocasiones, la última en 1985, Cúcuta en 1875, Armenia en 1999.

Además, hay que recordar que la ocupación sin control de áreas expuestas a amenazas menos energéticas pero igualmente activas como deslizamientos, avenidas torrenciales o inundaciones también tiene un costo. Las lecciones aprendidas en vivo en la segunda mitad del siglo XX obligaron a reconocer la existencia, en la mayoría de las ciudades colombianas, de zonas de alto riesgo, con la obligación para los gobiernos locales de asumir la relocalización de las viviendas expuestas (Hermelin, 1978).

Han transcurrido 18 años desde la promulgación de la Ley de Reforma Urbana y 9 desde la de los Planes de Ordenamiento Territorial. El país debió dotarse de herramientas para paliar las amenazas naturales y aprovechar al máximo los recursos naturales necesarios para las ciudades: agua, materiales de construcción, áreas para depositar basura, plantas de purificación de aguas negras, paisajes atractivos.

Este libro es una actualización de la forma como nuestras ciudades han enfrentado el reto de sus relaciones con su entorno natural. Es una especie de *mise au point* de lo que cada comunidad ha logrado acerca de su equilibrio con el medio ambiente, tantas veces presentado en Colombia en forma unilateral como lo que sólo hay que proteger. Nuestro medio ambiente es digno de admiración y ofrece una variedad de paisajes y de especies muy poco igualadas en el planeta: pero también tiene como característica unas amenazas de origen natural que en muchos casos el hombre mismo ha contribuido a dinamizar.

Los geólogos somos personas preparadas para incluir el tiempo como cuarta dimensión del mundo que hemos sido entrenados para observar. La aparición de una nueva rama de las Ciencias de la Tierra, la Geología Ambiental, nos ha obligado a buscar, en primer lugar, un lenguaje que nos permita comunicarnos con el resto de la sociedad, y a aplicar nuestros conocimientos en la búsqueda, a veces apremiante, de soluciones a situaciones que han generado la ignorancia de las características de la dinámica de nuestro planeta a todas las escalas, como lo demuestran hoy las consecuencias cada vez más preocupantes del cambio global.

No se trata de hacer una especie de “guía turística al revés”, mostrando los problemas en lugar de las hermosuras de nuestras poblaciones. Se intenta, más bien, por medio de un esfuerzo colectivo, establecer lo que podría llamarse el “libro blanco” de los aspectos ambientales de nuestras ciudades.

Cada capítulo contiene una breve descripción de la historia de la ciudad, de su localización y de su entorno: geología, geomorfología, clima, aguas superficiales y subterráneas así como amenazas y riesgos naturales. Se describen a continuación en forma resumida la evolución de su población; de su economía, vías y transporte, educación; siguen aspectos ambientales como abastecimiento de agua, de materiales de construcción, zonas de expansión futura, problemas de contaminación, tratamiento de aguas negras, rellenos sanitarios, y finalmente algunas conclusiones y recomendaciones, así como una bibliografía, dentro de la buena tradición inaugurada por Leggett (1973).

Este libro nació de una iniciativa presentada ante la Junta Directiva de la Sociedad Colombiana de Geología y respaldada por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: por medio de trabajos realizados siguiendo normas expuestas desde un principio, por parte de expertos residentes en las diferentes ciudades del país, esbozar un cuadro que describa a cabalidad la relación ciudad/naturaleza de las mayores zonas urbanas del país.

Los autores fueron seleccionados en función de su conocimiento de las realidades locales. Son, en muchos casos, personas que participaron de una u otra manera en la preparación de los planes de ordenamiento de sus respectivas ciudades. La responsabilidad de los conceptos le corresponde a cada autor,

---

a quien el editor agradece su valiosa y desinteresada participación. El editor igualmente agradece a la Sociedad Colombiana de Geología, a la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y al Fondo Editorial de la U. EAFIT su apoyo para la realización de este libro.

Ojalá esta publicación sea actualizada cada década y permita medir los progresos logrados en el manejo tanto de los recursos como de las amenazas naturales de las cada vez más pobladas áreas urbanas del país.

## Bibliografía

DANE (2007). Censo 2005. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

Heiken., G., Fakundiny, R. & Sutter, J., Editors, (2003). *Earth Science in the City, a Reader*. American Geophysical Union, Washignton, 443p.

Hermelin, M., (1978). Geología Ambiental: una necesidad para Colombia, Ponencia II Congreso Latinoamericano del Medio Ambiente, Bogotá, publicación Especial INGEOMINAS, 16p.

Legget, R.K., (1973). *Cities and Geology*. McGraw-Hill, New York, 624p

McGuire, B., Mason I., Kilburn C. (2002). "Asteroid and Comet Impacts as Initiators of Environmental Change". In: Mc Guire B, Mason I, Kilbura C (Eds) *Natural Hazards and Environmental Changes*. Arnold, London; p.133-158.



# Bogotá

Domingo Mendivelso López / Orlando Navas Camacho

Justo Padilla Acosta / Elkin Velásquez M.

## Generalidades (O.N.)

En la sabana de Bogotá se encontraron dos culturas en el año de 1538: los conquistadores españoles en busca de El Dorado, y los aborígenes, la sociedad muisca, asentada en lo que Gonzalo Jiménez de Quezada llamó el valle de los Alcázares, por su parecido en clima, fertilidad del suelo y densidad poblacional, a la comarca española.

Al ser declarada la capital del Nuevo Reino de Granada a comienzos del siglo xvii comenzó el desarrollo urbano importante de la ciudad, debido a que el cabildo pudo disponer de mano de obra indígena. Sin embargo, durante buena parte de la Colonia, la sociedad feudal improductiva estancó durante más de un siglo el crecimiento de Santafé en lo demográfico y ocasionó su aislamiento regional, haciéndola una ciudad improductiva (Vargas J., 1989).

En la mitad del siglo xvii el 70% de pobladores eran indígenas; a finales del siglo xviii aparecen capas medias de artesanos, mestizos y tenderos; a mediados del siglo xix llegan a 40 000 los habitantes de la ciudad; en 1900 a 100 000 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional anual del 3%, pero su área sólo creció el 50%, y se presentó el inicio de una apreciable densificación de la ciudad. A partir de los años 50 del siglo xx, aparece la polarización socioespacial de la ciudad, norte = riqueza y sur = pobreza, siguiendo un crecimiento urbano alargado, paralelo a los cerros orientales.

## Datos básicos

Está situada al pie de los cerros de Monserrate (3190 metros sobre el nivel del mar-msnm) y Guadalupe (3317 msnm), altura media sobre el nivel del mar: 2600 m; temperatura media: 14° C; precipitación media anual: 1013 mm. La temperatura varía entre 25° C y - 5° C; en el periodo diciembre-marzo se presentan los meses más secos y de agosto-noviembre los más lluviosos; en junio y julio, suelen presentarse ligeras lloviznas producto de la condensación de los frentes húmedos que vienen desde el oriente en los páramos de Choachí y Cruz Verde.

La ciudad está drenada por los ríos Arzobispo, San Cristóbal, San Francisco y Tunjuelito, todos afluentes del río Bogotá.

## Aspectos geológicos de la sabana de Bogotá (J.P.)

El altiplano de la sabana de Bogotá y sectores aledaños, se localiza sobre la parte central de la cordillera Oriental de Colombia y se ubica a una altura promedio de 2500 msnm (figura 1).

Constituye una provincia geomorfológica en la cual se diferencian dos zonas: plana, ubicada hacia la parte central del área, y de relieve montañoso que alcanza alturas hasta de 3700 msnm.

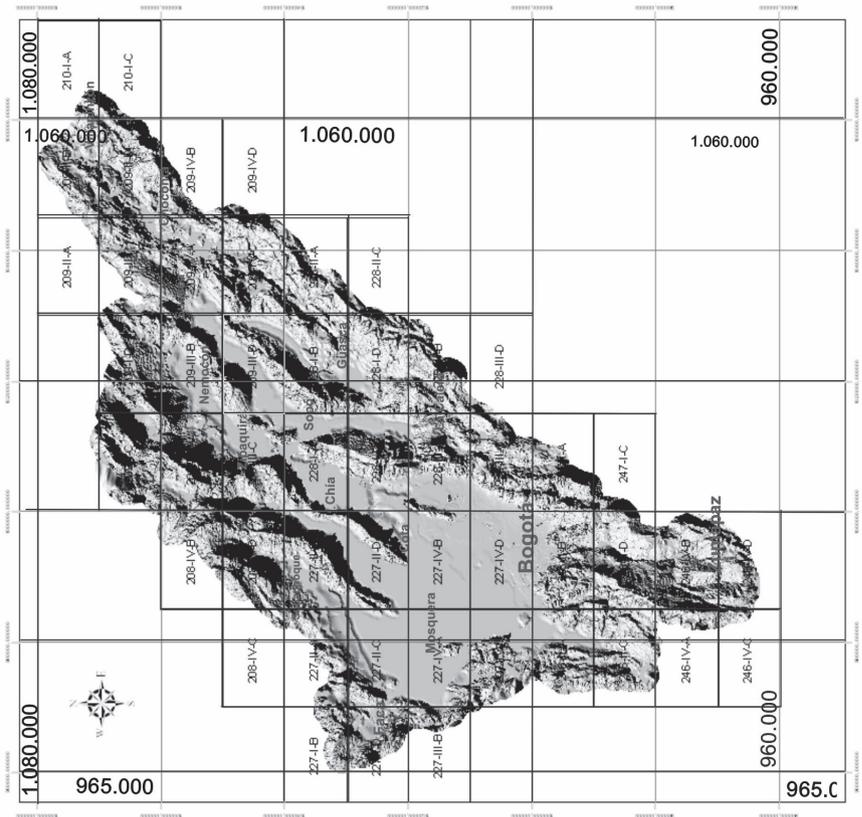
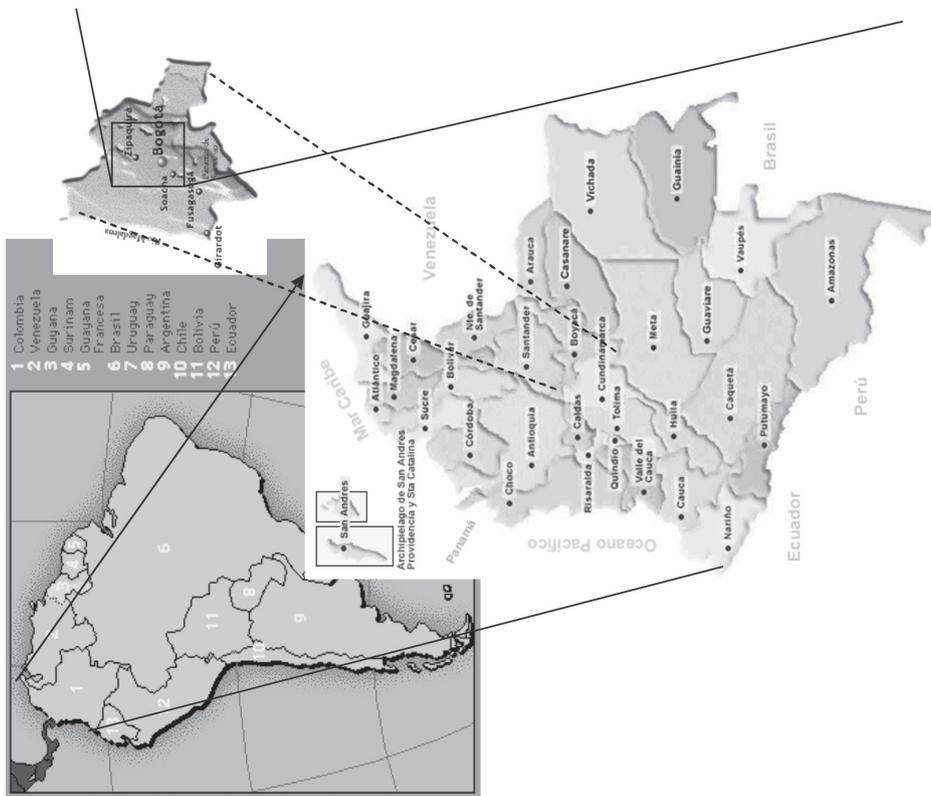


Figura 1. Localización de la sabana de Bogotá, Colombia, Suramérica. (Tomado de Ingeominas, 2005)

La zona plana está conformada por un extenso relleno sedimentario, de depósitos de origen fluvial, lacustre y fluviolacustre, de litología variada; la parte montañosa está constituida por rocas sedimentarias: areniscas, lutitas, arcillolitas, limolitas, calizas y conglomerados.

### Litoestratigrafía

En el área de la sabana de Bogotá se presentan rocas sedimentarias de origen marino y continental, con edades del Cretácico tardío al Paleógeno, y depósitos poco consolidados a no consolidados de edad Plioceno a Holoceno.

Las unidades geológicas que afloran en la Sabana, en orden cronológico desde la más antigua, son (figura 2 y tabla 1):

- a. Cretácico tardío-paleógeno. Formaciones Chipaque, Conejo, Lidita Superior, Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Tierna, Guaduas, Cacho, Bogotá, Regadera, Usme y Conglomerados de Guandoque.
- b. Neógeno-Cuaternario. Los sedimentos del Neógeno al Cuaternario o depósitos plio-cuaternarios que afloran a lo largo de toda la sabana de Bogotá, se diferenciaron teniendo en cuenta principalmente su posición geográfica y geomorfológica; se agrupan de acuerdo principalmente con su origen, composición litológica y procesos tectónicos actuantes.

Para la descripción de estos depósitos se siguió la metodología establecida por: (Ingeominas (1988, 2004, 2005); Lobo Guerrero (1992) y Van Der Hammen (2003).

De acuerdo con su origen o ambiente de formación y posición geográfica se pueden agrupar en cuatro clases: i) depósitos sin relación con la topografía actual (Formaciones Marichuela y Tilatá inferior, del Mioceno Plioceno inferior); ii) depósitos relacionados con los ambientes de formación de la cuenca tectónica de la sabana de Bogotá, ambiente fluvio-lacustre, (Formaciones Tilatá superior, Subachoque, Sabana, Tunjuelo y Chía del Plioceno superior-Cuaternario); iii) depósitos relacionados con ambiente de piedemonte o de laderas (Formaciones Chorrera, San Miguel, Mondoñedo y río Chisacá) y, iv) depósitos de ambiente de montaña y depósitos glaciares, (Formación río Chusacá del Pleistoceno).

### Geología estructural y neotectónica

La sabana de Bogotá se enmarca dentro de un sinclinorio de mucha complejidad estructural, cuyo origen está asociado con la evolución geológica de la cordillera Oriental de Colombia.

La configuración estructural de la cordillera se puede explicar, en forma general, mediante una tectónica que ha operado en dos fases principales: 1) una de tipo distensiva con anterioridad al Cretácico, que permitió el depósito de sedimentos del Cretácico y del Paleógeno y el Neógeno, en una cuenca limitada al oriente y al occidente por fallas normales actualmente conocidas como del Borde Llanero y del Magdalena, respectivamente; 2) una fase posterior comprendida a partir del Neógeno, aún actuante, que plegó y fracturó las rocas y produjo un levantamiento rápido de la cordillera; las fallas normales invirtieron su movimiento (fallas inversas) y se originaron las fallas de rumbo; esta última fase se atribuye al choque entre las placas de Nazca y Suramérica.

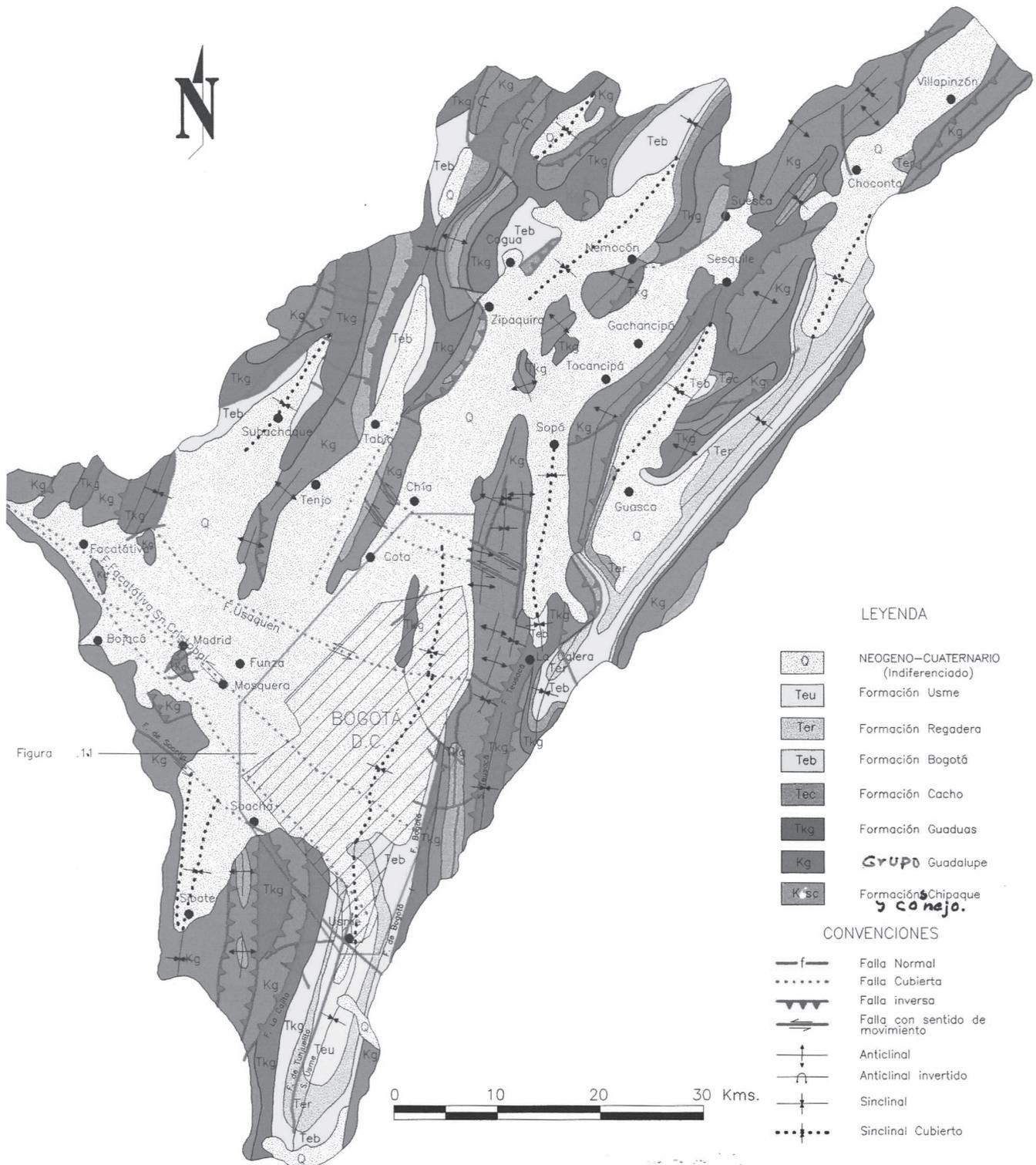


FIGURA 1 MAPA GEOLOGICO GENERAL DE LA SABANA DE BOGOTA

Fuentes: Lobo-Guerrero, 1992; Vander Hammen y Helmens, 1989 ; INGEOMINAS 2001. (En Preparación)

Figura 2. Mapa geológico general de la sabana de Bogotá. (Tomado de Ingeominas, 2005)

Tabla 1. Secuencia litoestratigráfica de las unidades geológicas aflorantes en la sabana de Bogotá

(Tomada del Proyecto Zonificación Geomecánica de la Sabana de Bogotá, Ingeominas, 2005)

Periodo	Unidad estatigráfica	Nomenclatura	Descripción litológica
NEOGENO – CUATERNARIO	DEPÓSITOS ANTROPOGÉNICOS	(Qre-b)	Materiales de relleno, de excavaciones y de relleno de basuras; composición heterogénea.
	SUELOS RESIDUALES	(Q sr)	Suelos producto de la meteorización de macizos rocosos; composición: arenas limos y arcillas.
	COLUVIONES RECIENTES	(Qc)	Depósitos de ladera, recientes; composición heterogénea.
	MONDOÑEDO – SAN MIGUEL	(Qmo) (Qsm)	Depósitos coluviales antiguos; composición: arenas, limos, arcillas, ocasionalmente bloques de composición, forma y tamaño heterogéneos; intercalaciones de paleosuelos negros.
	RÍO SIECHA – RÍO CHISACA	(Q2rs) (Q2c)	Depósitos glaciares y fluvio glaciares: de composición, forma y tamaño heterogéneos.
	CHORRERA	(Nch)	Depósitos fluvio torrenciales y flujo gravitacionales: composición y tamaño heterogéneos.
	CHÍA	(Q2ch)	Depósitos aluviales; llanuras de inundación y causas actuales: limos, arcillas, arenas y gravas.
	TUNJUELO	(Q2rt)	Complejo de conos fluvio-graciares: gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas, con cantos y bloques de composición y forma heterogénea.
	SABANA	(Q2s)	Depósitos lacustres y fluvio-lacustres: arcillas, limos, arenas, arcillas orgánicas, gravas y turbas.
	SUBACHOQUE	(Q1su)	Complejo fluvio graciario, coluvial y fluvio lacustre: arcilla arenosa, arcillas orgánicas, arenas, gravas y turba-lignitas.
	TILATÁ	(N2t)	Complejo lacustre-fluvial: gravas, gravillas, arenas, limos, arcillas, ocasionalmente cantos y bloques.

Periodo	Unidad estatigráfica	Nomenclatura	Descripción litológica
NEOGENO – CUATERNARIO	BALSILLAS	(N2b)	Depósitos coluviales antiguos de granulometría fina, con paleosuelos intercalados, meteorizados; arcilla caolinítica, gris, blanco y rojo.
	MARICHUELA	(N2m)	Depósitos flujo torrenciales o flujo gravitacionales: gravas clastos y guijarros hasta bloques heterométricos, en matriz arenarcillosa; con alterancia de composición heterogénea, sedimentos fluvio lacustres: gravas, arenas, arcillas, limos.
	SURALA	(N2s)	Flujos gravitacionales (flujos de escombros) arcillolitas y limolitas, de variados colores; con intercalaciones de lentes, de conglomerados y gravas, arena-soportadas, en matriz arena-limosa-arcillosa, con bloques heterométricos.
PALEOGENO	CONCLOMERADO DE GUANDOQUE	(E2N1g)	Conglomerados granosoportados en matriz arenosa; intercalaciones de areniscas conglomeráticas.
	USME	(E2u)	Arcillolitas, gris claras y areniscas, de grano fino a grueso.
	ARENISCA DE LA REGADERA	(E2r)	Areniscas cuarzo = feldespáticas gris claro grano fino a grueso, ocasionalmente conglomerático; intercalaciones de arcillolita, y limolitas; claro, oscuro y violáceo.
	BOGOTÁ	(E1b)	Conjunto superior: arcillolitas grises oscuras, verdosas y marrón; delgadas intercalaciones de areniscas. Conjunto inferior: alternancia de arcillolitas y areniscas, grano fino.
	CACHO	(E1c)	Areniscas cuarzo-feldespáticas amarillo-rojizas, grano medio a grueso; intercalaciones delgadas de arcillolitas y lentes de conglomerados finos.
	GUADUAS	(K2E1g)	Arcillolitas, de colores gris claro, oscuro, negro y amarillo-rojizo; intercalaciones de areniscas grises claras, de grano fino a grueso, limolitas y mantos de carbón.

Periodo	Unidad estatigráfica	Nomenclatura	Descripción litológica
C R E T A C E O  T A R D I O	LABOR – TIERRA	(K2t)	Areniscas cuarzosas, grises claras, grano fino a grueso; parte media intercalaciones de arcillolitas silíceas y limolitas.
	PLAENERS	(K2p)	Limolitas y arcillolitas silíceas, y liditas, grises claras, verdosas y amarillentas; intercalaciones de areniscas grises, grano fino a medio.
	LIDITA SUPERIOR	(K2l)	Arcillolitas y limolitas silíceas, arcillolitas y chert; delgadas, intercalaciones de arenisca, grano fino.
	ARENISCA DURA	(K2d)	Areniscas cuarzosas, grises claras, grano fino; intercalaciones delgadas de arcillolitas y limolitas silíceas.
	CONEJO	(K2c)	Lutitas negras, limo-arcillosas, carbonosas; intercalaciones delgadas de limolitas y arcillolitas silíceas, areniscas grises claras, grano muy fino.
	CHIPAQUE	(K2cp)	Lutitas grises oscuras a negras, ocasionalmente calcáreas, intercalaciones delgadas de areniscas, grano fino, calizas, arcillolitas calcáreas, limolitas silíceas y margas.

Plegamientos y fallas. Las principales fallas y los ejes de los pliegues anticlinales y sinclinales tienen una orientación norte-sur a N 45° E; siguen el rumbo de la cordillera, excepto en el costado sur occidental de la sabana, al sur oeste de la falla de Soacha, donde estas estructuras se presentan flexionadas en dirección noroeste-sureste. En general los sinclinales son amplios, de longitud regional; sobresalen los de Usme-Tunjuelito, Checua, Sisga, Soacha, Subachoque, Río Frío, Siechá, Teusacá, Suesca, Nemocón y Sesquilé. Los anticlinales son estrechos, alargados, en muchos sectores, con el flanco occidental fallado e invertido, como en el anticlinal de Bogotá. Igualmente sobresalen los anticlinales de Usaquén, Sopó, Guatavita-Chocontá, Guanagua, Suesca y Nemocón (figura 3).

La mayoría de fallas son inversas, con vergencia tanto al oriente como al occidente, pero son comunes las fallas transcurrentes, las cuales se caracterizan por presentar un movimiento de rumbo izquierdo. De las primeras sobresalen las fallas de Bogotá, La Cajita, río Tunjuelo, Teusacá, La Calera y Sisga; de las otras se destacan las fallas de Soacha y el sistema de Facatativa-San Cristóbal y Usaquén.

Neotectónica. Muchas de las fallas existentes en la sabana de Bogotá son, en sentido estricto, de origen neotectónico, aunque no todas son activas. En los alrededores de la sabana se presentan deformaciones de origen neotectónico, tal como en la Formación Tilatá, de edad Pliocena.

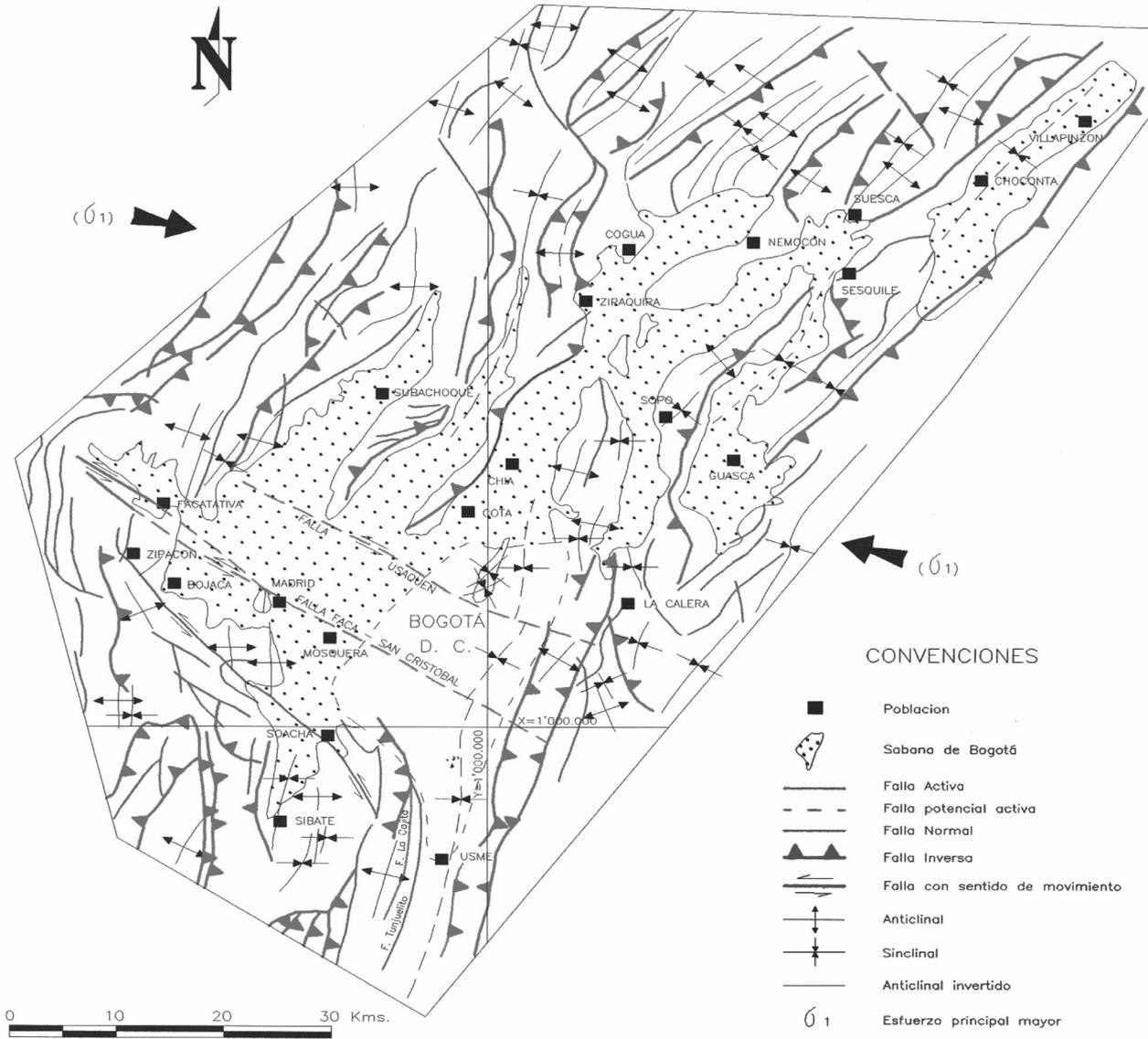


Figura 3. Mapa estructural de la sabana de Bogotá y alrededores. (Tomado de Ingeominas, 1996)

En el relleno cuaternario de la sabana de Bogotá no se han encontrado evidencias morfotectónicas de fallamiento activo, aunque algunos indicios morfológicos se destacan en las fallas de Usaquén, río Tunjuelo y en el sistema de Facatativá.

Al sur de Bogotá se encuentra la falla La Cajita, la cual afecta depósitos glaciares cuaternarios en el páramo de Sumapaz y a la cual probablemente están asociados algunos sismos históricos.

### Geomorfología de la sabana de Bogotá (J.P)

La sabana de Bogotá hace parte de la provincia geomorfológica de la cordillera Oriental, asociada con eventos de acumulación de sedimentos en cuencas inicialmente distensivas y subsidentes, afectadas posteriormente por eventos compresivos que modificaron el movimiento de las fallas ancestrales y controlados en sus inicios por procesos diapíricos (figura 4).

**CONVENCIONES GEOMORFOLOGICAS**

**MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA SABANA DE BOGOTA**

**UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL DENUDATIVO**

- Sierra homocinical
- Sierra anticinical
- Meseta estructural
- Cornisa
- Berma de falla
- Valles ciegos
- Espinazo estructural
- Sierra sinclinal
- Cerro estructural
- Valle estructural
- Escarpe L. falla
- Cuesta estructural
- Plancha estructural
- Domo estructural
- Valle anticinical
- Faceta triangular

**UNIDADES DE ORIGEN DENUDATIVO**

- Espolón estructural
- Conos coluviales
- Deslizamiento translacional
- Cerros remanentes
- Escarpe erosivo mayor
- L. contrapendiente
- Deslizamiento rotacional
- Glacis
- Flujo torrencial
- Cerros residuales
- Flujo terroso

**UNIDADES DE ORIGEN FLUVIAL Y LAGUNAR**

- Planicie lacustrina
- Albardones
- Terrazas fluviales de acumulación y erosión
- Abanico aluvial
- Barra longitudinal
- Plano anegadizo
- LLanura inundación
- Cono deyección
- Barra puntual
- Basines
- P.fluvial intramontano
- Artesa lagunar
- Meandro abandonado

**UNIDADES DE ORIGEN GLACIAR Y PERIGLACIAR**

- S. homocinical glaciada
- Anticinical glaciado
- Morrena terminal
- Terraza gelifracción
- Abanico sobrelavado
- L. Estructural glaciada
- V. anticinical glaciado
- Espinazo glaciado
- Planchas glaciadas
- Morrena de fondo
- Abanico fluvio-glaciario
- PI. glaciolacustrina
- L. Contrapendiente glaciada
- Cono gelifracción
- Cuesta glaciada
- Lago Glaciar
- Morrena lateral
- Morrena ablación
- Aguja glaciar
- V. glaciar

**UNIDADES DE ORIGEN ANTROPICO**

- [Symbol]

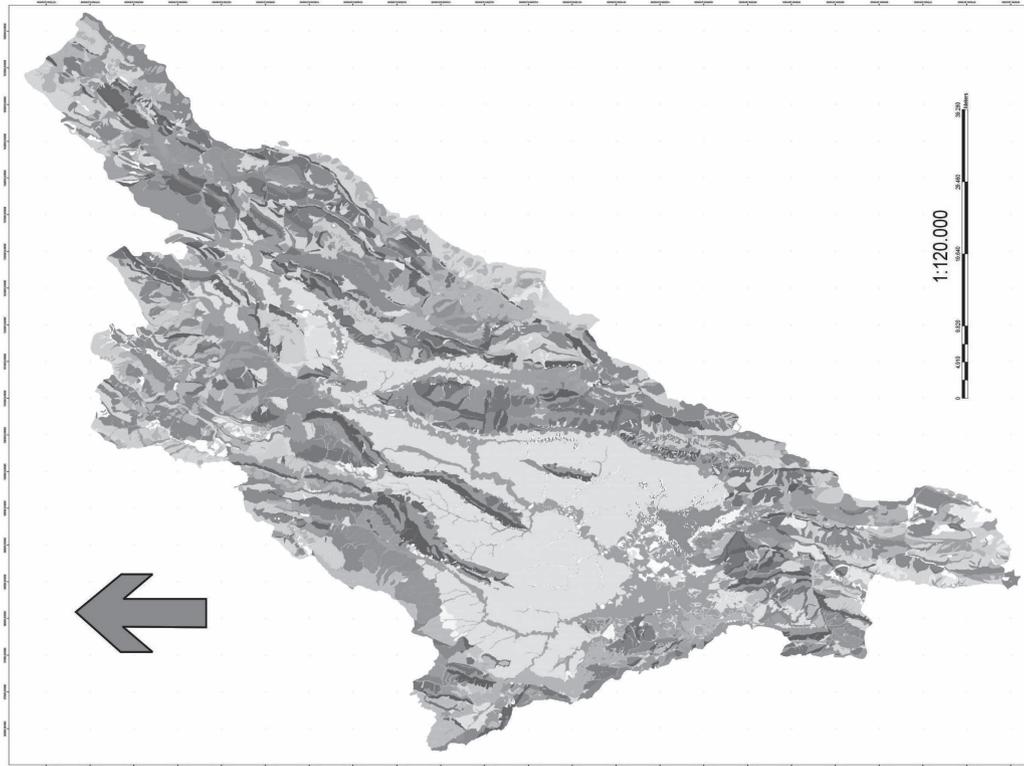


Figura 4. Mapa geomorfológico de la sabana de Bogotá. (Tomado de Ingecominas, 2005)

Este proceso produjo el levantamiento de la cordillera, la generación de pliegues anticlinales y sinclinales en dirección noreste, apretados y localmente tumbados y asociados con fallas inversas longitudinales, fallas de desgarre y rumbo en dirección noroeste-sureste que definen estructuras mayores anticlinales y sierras homoclinales, con diferentes grados de plegamiento.

La sabana de Bogotá está enmarcada por una serie de serranías morfoestructurales, que hacen parte de las vertientes tanto occidental como oriental de la cordillera Oriental, afectadas localmente por procesos denudativos, pluviales y glaciares. Hacia la parte central se presenta la región geomorfológica del altiplano lagunar cundiboyacense, disectado por planicies aluviales actuales y recientes pertenecientes a los ríos Bogotá, Subachoque, Balsillas y Teusacá principalmente.

Se identificaron unidades y subunidades de los ambientes: morfogenético, morfoestructural, denudativo, fluvial-lagunar, glacial-periglacial y antropogénico. Las unidades geomorfológicas están definidas con un criterio genético morfológico y geométrico, en función de los procesos geomorfológicos específicos que las conformaron, ya sean de carácter erosivo o de acumulación; las subunidades y los elementos están definidos fundamentalmente, por los contrastes morfométricos que relacionan el tipo de roca o sedimento con la topografía y con los procesos dinámicos activos prevalecientes.

### Características geológicas para ingeniería (J.P.)

Para la caracterización y cartografía de los materiales rocosos para aplicaciones en ingeniería, se utilizaron como parámetros básicos que controlan las características resistentes y deformacionales de las rocas, su origen, la litología (composición mineralógica y textura), la dureza o resistencia, las características estructurales, el grado de meteorización y la condición de fracturamiento.

Los materiales geológicos aflorantes en la sabana de Bogotá y cerros aledaños se clasificaron en unidades de rocas y suelos. Las unidades roca se agruparon en rocas duras, intermedias y blandas; los materiales de suelos se clasificaron teniendo en cuenta principalmente su origen y características ingenieriles, en suelos residuales, transportados, coluviales y antropogénicos.

La caracterización geológica de los materiales de superficie del área de la sabana de Bogotá y alrededores, es básica para la evaluación del comportamiento mecánico de los terrenos para el desarrollo de obras de infraestructura, minería y en los planes de ordenamiento territorial, entre otros. La información temática se obtiene a partir del procesamiento de la información geológica básica, la caracterización de las condiciones físicas de los suelos y rocas, lo cual proporciona el mapa de unidades geológicas superficiales (figura 5).

### Hidrogeología (O. N.)

El agua subterránea es de suma importancia para la sabana de Bogotá, ya que en este territorio se concentra el 20% de la población de Colombia y se genera el 25% del PIB nacional.

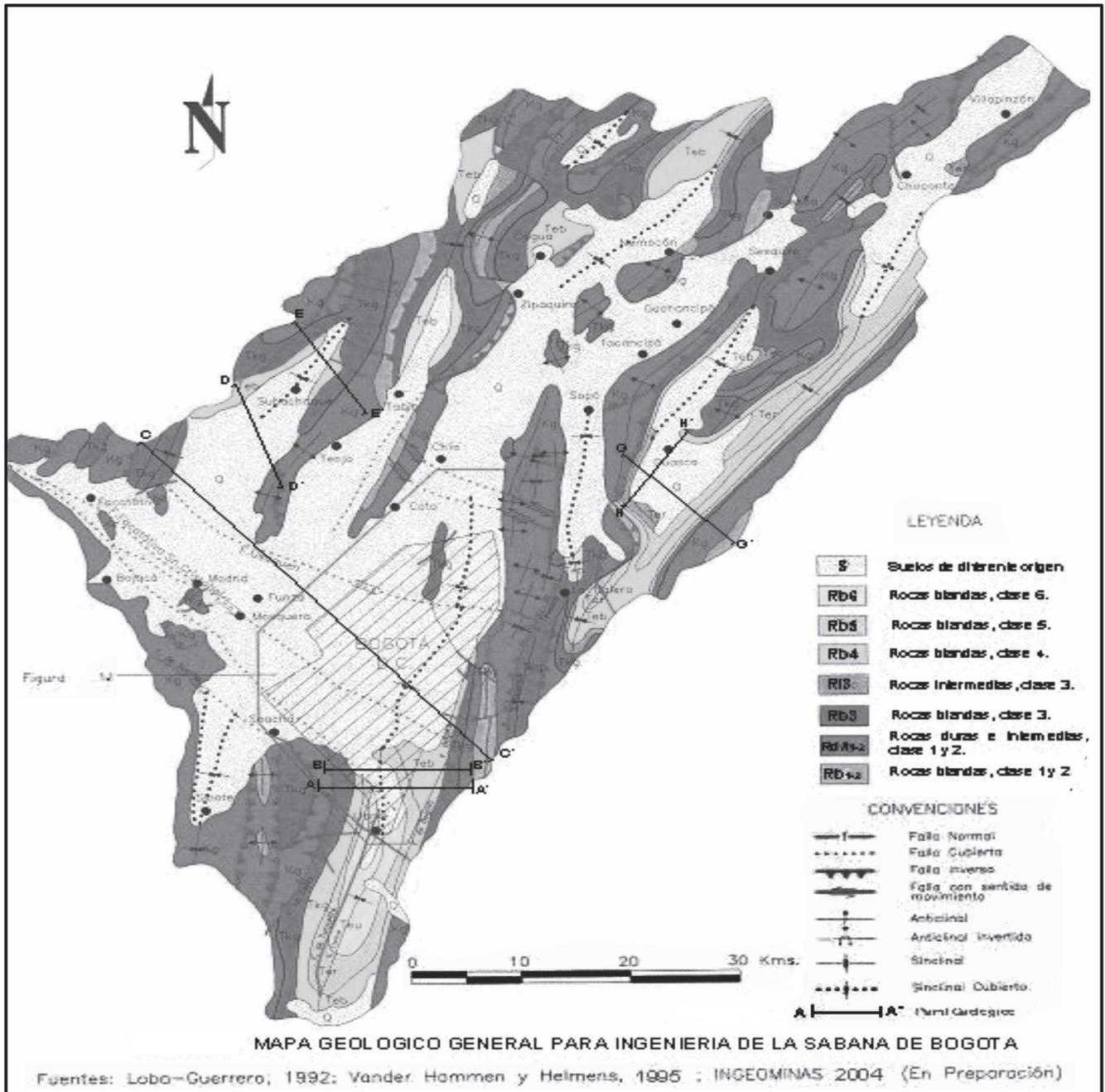


Figura 5. Mapa generalizado de geología para ingeniería de la sabana de Bogotá. (Tomado de Ingeominas, 2005)

Según estudios y datos colectados por la Asociación Colombiana de Hidrogeólogos, existe una disminución de las reservas de agua subterránea en la sabana, sobre todo en la zona occidental de ésta, ya que desde hace unos cuarenta años comenzó su explotación por insuficiencia e intensificación de la degradación de la mayoría de corrientes superficiales. Se ha disminuido la recarga directa y se ha producido la contaminación de los acuíferos.

Un 80% de la demanda del agua subterránea proviene del sector agro-industrial y de numerosos acueductos municipales y veredales, lo que permite aseverar que la producción económica de la sabana depende del agua subterránea.

Existen dos entidades ambientales encargadas del manejo del recurso: el Departamento Administrativo del Medio Ambiente-DAMA, creado en 1996 con jurisdicción en la ciudad capital y la Corporación Autónoma Regional-CAR con jurisdicción en la sabana.

Según datos oficiales, en junio de 2004 de 6000 pozos en explotación, solamente 1600 eran legales. En los últimos quince años se ha detectado el descenso de varias decenas de metros de los niveles del agua subterránea en diferentes sectores, presentándose subsidencia.

Entre varias soluciones planteadas, está la propuesta para que la jurisdicción de las corporaciones autónomas regionales no tenga límites político-administrativos sino que obedezcan al reconocimiento de las grandes cuencas nacionales en donde Ingeominas debe adelantar la exploración hidrogeológica regional. En la sabana (incluida la capital), el manejo y administración del recurso hídrico debe ser responsabilidad de una sola autoridad ambiental. Se debe contar con una Oficina de Aguas, integrada por profesionales idóneos de varias especialidades.

Se debe declarar la emergencia hídrica subterránea en la sabana de Bogotá, con el fin de establecer las necesidades reales de agua potable, protección de las zonas de recarga natural, forestación en el perímetro de la cuenca y recarga artificial o inducida de acuíferos.

### Evidencias de fenómenos de subsidencia en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá y su entorno (D.M.)

Con base en datos obtenidos mediante nivelación geodésica de la red de estaciones establecidas por el IGAC en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá, en el período comprendido entre los años 1986 y 1997, (Hernández & Quevedo 2003), se confirma la subsidencia dentro del área de influencia del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá, por comparación de las cotas ortométricas.

Se presentan fenómenos de subsidencia diferencial cuyos valores oscilan entre 10 cm y 60 cm en las zonas planas y movimientos ascendentes hasta de 20 cm sobre las estribaciones de los cerros orientales. Esta es la primera vez que se obtiene de manera cuantitativa las variaciones de los movimientos de subsidencia dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bogotá.

Los cambios detectados durante la ejecución de los trabajos geodésicos han sido confirmados, analizados y confrontados con información obtenida de la interpretación visual de imágenes de sensores remotos (Radar y Landsat), sobre áreas circundantes al perímetro urbano de la ciudad de Bogotá, donde se han detectado rasgos geomorfológicos que evidencian movimientos neotectónicos, como también deformaciones del terreno causados por compactación, procesos diagenéticos, desecación de humedales y posiblemente por efectos inducidos por la extracción de agua subterránea en la sabana de Bogotá (figuras 6 y 7).

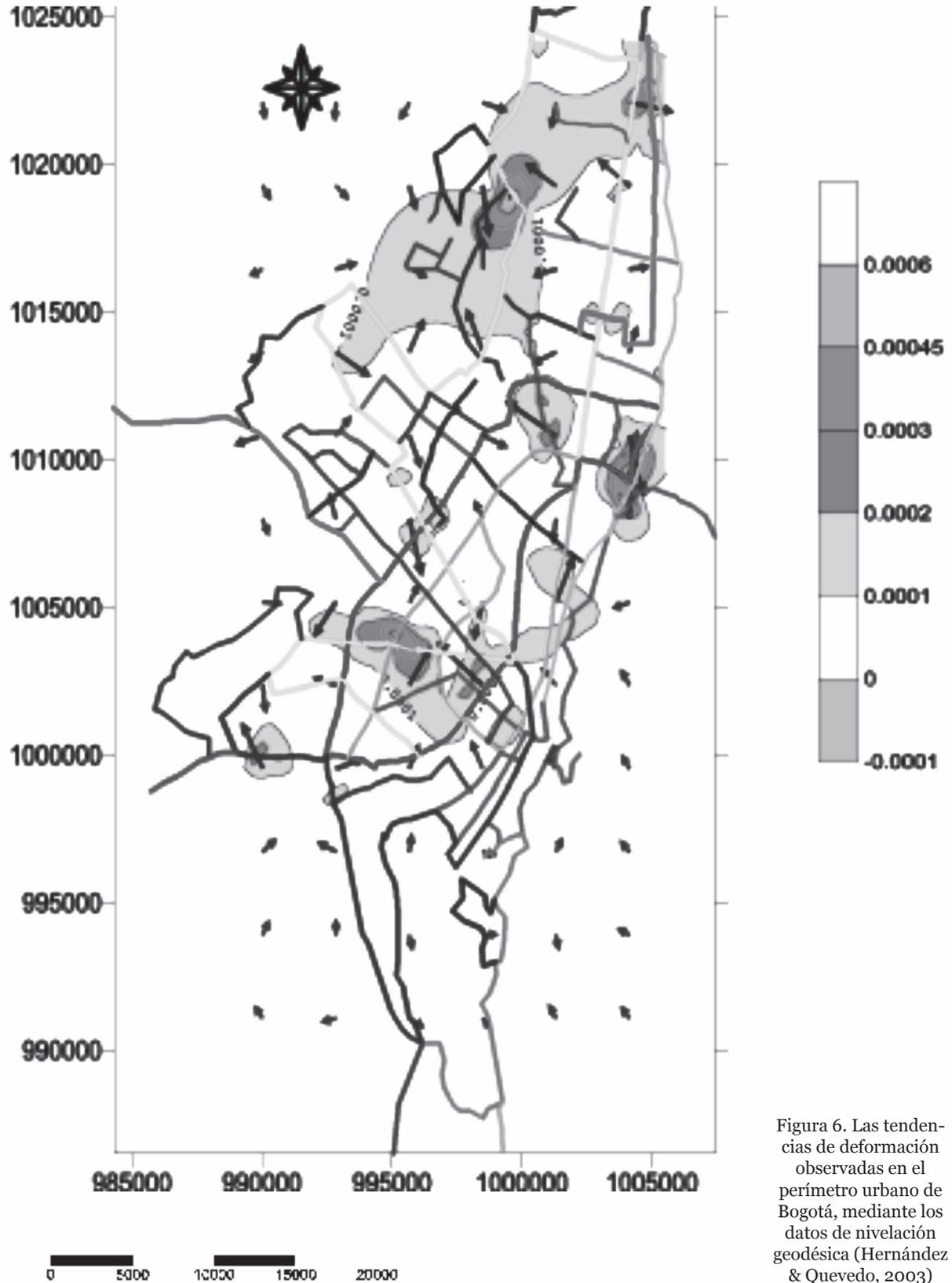
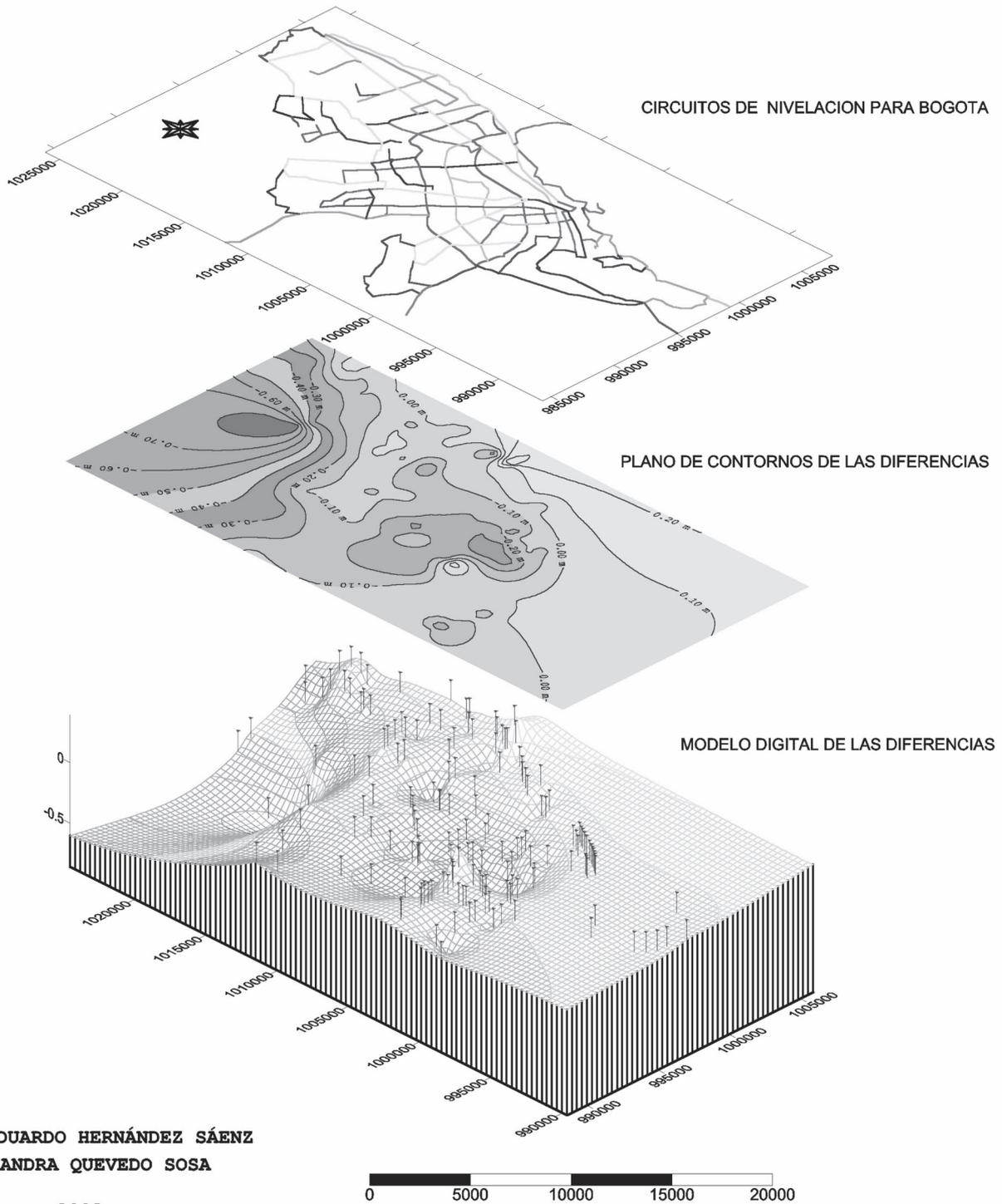


Figura 6. Las tendencias de deformación observadas en el perímetro urbano de Bogotá, mediante los datos de nivelación geodésica (Hernández & Quevedo, 2003)



LUIS EDUARDO HERNÁNDEZ SÁENZ

ALEXANDRA QUEVEDO SOSA

2003

Figura 7. Análisis de las deformaciones de la superficie del perímetro urbano de Bogotá mediante los datos de nivelación geodésica (Hernández & Quevedo, 2003)

Los valores de la velocidad del movimiento vertical anual estimado para el período de estudio entre los años 1986 y 1997, en la estación BOGA, localizada en la terraza del edificio principal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC–, muestra valores cercanos a los -20 mm/año. Este dato muestra gran similitud con datos puntuales obtenidos a partir de observaciones con GPS realizados por Kaniuth (2001), con una velocidad vertical de -25 mm/año.

Las diferencias encontradas entre los dos resultados pueden estar determinadas, en parte por la diferencia entre los periodos de observación, por la dinámica propia del datum asumido como punto de origen en los proyectos del Catastro Distrital, el cual fue restringido al mismo valor para los dos proyectos y también debido a las desviaciones introducidas por la interpolación de los datos procesados y analizados.

Estos datos permiten hacer un seguimiento a las deformaciones por subsidencia que eventualmente pueden incidir hacia el futuro sobre las obras civiles que se desarrollen sobre los terrenos planos de la ciudad, como las redes de los servicios públicos para suministro de agua potable, alcantarillado y las redes domiciliarias de gas, entre otros.

Se recomienda seguir efectuando un monitoreo de las zonas que presentan los mayores valores de deformación en las áreas planas y sobre el piedemonte de los cerros tutelares de la ciudad de Bogotá, con el propósito de tomar medidas preventivas y correctivas con miras a contribuir con el futuro desarrollo urbanístico de la ciudad en forma segura.

### Amenazas naturales en Bogotá (E. V.)

El entorno natural de Bogotá está soportado en un geopotencial (Velásquez, 1999, 2004) que presenta varias caras: por una parte suministra el mínimo necesario para la instalación de actividades urbanas, provee una serie de activos naturales que dotan de valor estratégico su territorio y comprende un importante número de elementos de patrimonio natural. Pero por otra parte, el medio natural se caracteriza también por la presencia de una serie de fenómenos naturales que representan amenaza para los habitantes, sus infraestructuras y sus sistemas.

Las 19 localidades administrativas urbanas de Bogotá (figura 8) están expuestas de manera distinta a fenómenos naturales como remoción en masa, inundaciones y sismos. También existen otros fenómenos asociados al medio natural que pueden generar daños: incendios forestales o contaminación del aire. A todo esto se suma una situación de vulnerabilidad importante que expone bienes, personas y servicios a estos distintos fenómenos. El desarrollo urbano de la ciudad ha copado, no siempre de manera técnica y ordenada, sitios de antiguos humedales y zonas de ladera, entre otros. Adicionalmente muchas estructuras carecen de sismoresistencia y finalmente también existe una asociación (Lampis & Velásquez, 2005) entre las condiciones de pobreza de la mitad de la población y su exposición a los fenómenos naturales.

Esta última condición conduce a una situación de riesgo que no es de poca importancia. Sin embargo, el presente documento aspira a exponer de manera sucinta lo que se refiere a los fenómenos de origen natural que constituyen la amenaza, en particular, como remoción en masa, inundaciones y sismos.



Figura 8. Las 19 localidades administrativas urbanas de Bogotá. (Nota: Sumapaz es la 20ª)

La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito (DPAE, 2007) es la entidad encargada en la ciudad, no solamente de la atención de las emergencias, sino también de desarrollar estudios técnicos y presentar conceptos sobre las amenazas y los riesgos de origen natural.

## Los fenómenos de remoción en masa

El entorno de Bogotá presenta condiciones favorables para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. La topografía escarpada, las características estructurales de los macizos rocosos sedimentarios y una intensa intervención antrópica, sumados a la actividad sísmica y a la precipitación, conforman escenarios de amenaza principalmente a lo largo de los cerros orientales (localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Usme), en la parte sur de la ciudad (localidades de Ciudad Bolívar y Usme) y en la zona noroccidental (localidad de Suba). La figura 9 presenta la frecuencia relativa de este tipo de eventos en las localidades de la ciudad de 1996 a 2001.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EVENTOS POTENCIALES (REGISTRO 1996 - 2001) POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA - BOGOTÁ D.C.

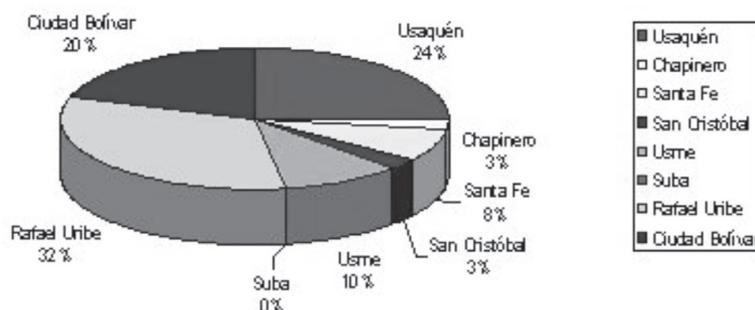


Figura 9. Frecuencia relativa de deslizamientos en las localidades de Bogotá (Tomado de DPAE, 2007)

Las variables de tipo antrópico intervienen de manera crucial en el aumento de la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa: deforestación, explotación de materiales de construcción, intervención en la morfología del terreno (cortes, taludes y rellenos), muchas veces de manera informal, muros sin drenaje, mal manejo de aguas superficiales, o subsuperficiales. Según los estudios de la DPAE, “en general, el mecanismo disparador de los movimientos en masa está asociado con la realización de cortes en terreno natural inestable sin la debida protección geotécnica, así como el desprendimiento y la caída de bloques asociados a escarpes con pendientes superiores a los 35°. Otros factores que pueden dinamizar los movimientos en masa incluyen la actividad sísmica, la saturación del suelo y la incidencia de procesos erosivos”.

En el pasado se han presentado desastres de diferentes magnitudes que han podido afectar y hasta destruir viviendas e infraestructuras de servicios públicos. Según Pava (2000) “se han identificado cerca de 450 zonas urbanas afectadas por fenómenos de remoción en masa y alrededor de 200 escarpes de antiguas canteras ocupados por asentamientos humanos, potencialmente inestables”.

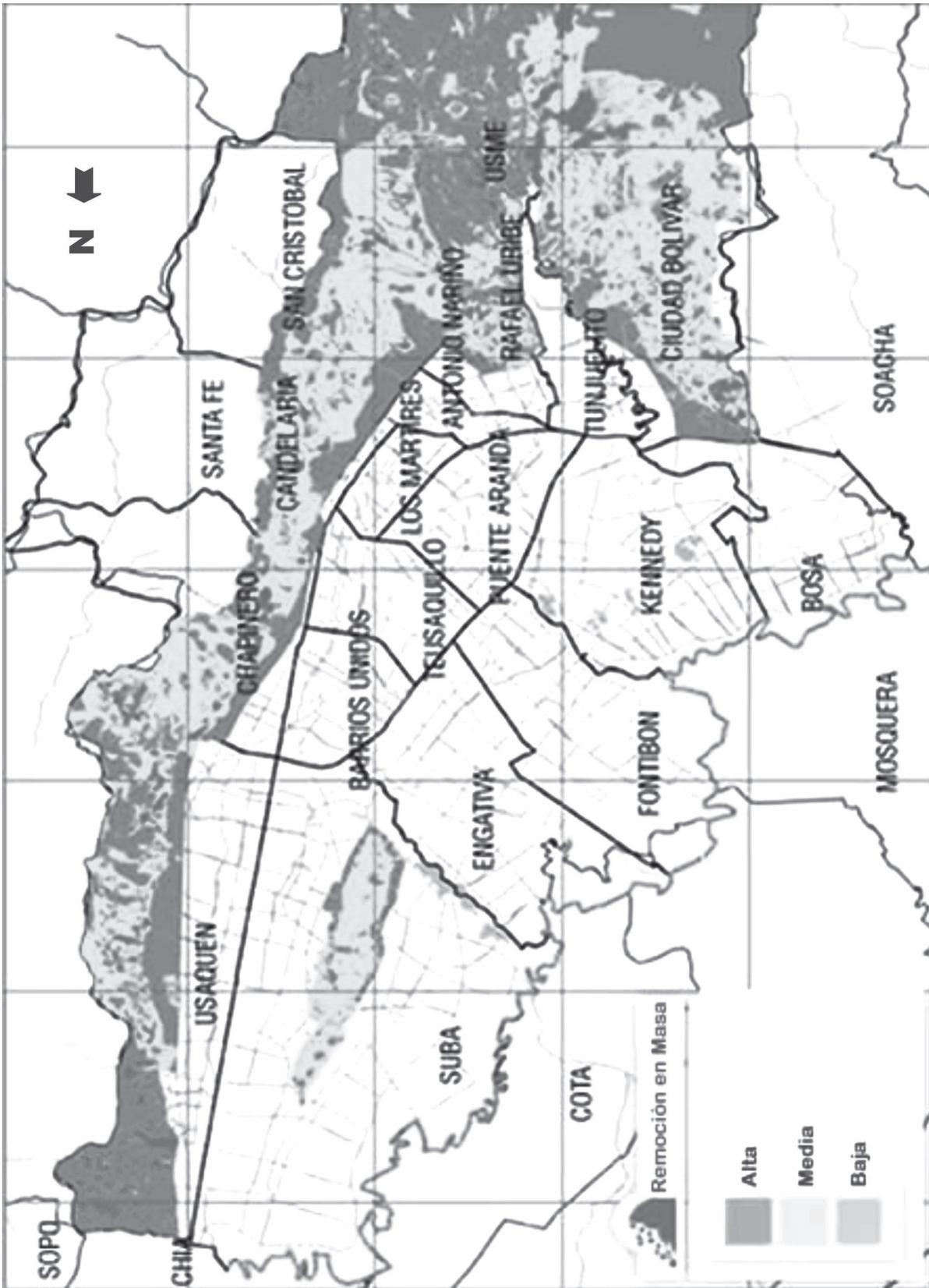


Figura 10. Amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa en Bogotá. (Tomado de DPAAE, [www.fopae.gov.co](http://www.fopae.gov.co), acceso enero de 2007)

Para la DPAE (2007) los “deslizamientos son los eventos con mayor frecuencia en Bogotá y se presentan en las localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Suba y Ciudad Bolívar”, tal como han permitido constatarlo los estudios realizados a escala 1:10 000 previamente a la elaboración del POT de la ciudad (DPAE 1998a, 1998b, 1998c y 1999).

La figura 10 presenta el mapa amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa en Bogotá. Los fenómenos que se presentan corresponden principalmente a los siguientes tipos: caídas de rocas, flujos de lodo, de tierra, de detritos y de escombros, reptaciones, deslizamientos propiamente dichos (rotacionales, planares, traslacionales), volcamientos, hundimientos así como fenómenos asociados a la erosión del suelo como surcos y cárcavas.

### La amenaza por inundaciones en Bogotá

Bogotá cuenta con dos épocas marcadas de lluvias al año, una de marzo a mayo y otra de septiembre a noviembre. Estas precipitaciones alimentan un sistema hídrico que tiene como eje el río Bogotá, que es a la vez el límite occidental de la ciudad. Al río Bogotá confluyen una serie de ríos que atraviesan la parte oriental de la sabana principalmente en dirección este-oeste. Al sur, el río Tunjuelo nace en las postrimerías del páramo de Sumapaz y recorre en sentido sur-norte las partes alta y media de su cuenca, antes de llegar a la parte plana de la sabana y tomar en dirección occidente, hasta desembocar también en el río Bogotá. Los tres ríos más importantes de la ciudad son: Juan Amarillo o Salitre, Fucha o San Cristóbal y Tunjuelo. Éstos y un gran número de quebradas y pequeños ríos han sido objeto de ocupación en sus áreas de ronda, asociado al crecimiento acelerado de la ciudad. Tal es el caso del río Arzobispo, la quebrada Chapinero, la quebrada de La Vieja, las quebradas de La Cabrera y El Chicó, el río de Los Micos o quebrada de Luce, la quebrada de Trujillo o la quebrada de los Cedros.

La DPAE (2007) ha establecido que además de la ocupación inadecuada de las zonas de roca, otros fenómenos afectan el sistema hídrico y están en la base de las inundaciones. Los ríos son usados como colectores tanto de aguas residuales como lluvias de la ciudad y para proteger las orillas algunas veces se han construido muros en gaviones como medidas correctivas o diques longitudinales (jarillones). Estas obras, que han buscado evitar desbordes, han ocasionado al mismo tiempo la reducción de las secciones transversales. El efecto de esta situación son los aumentos en la velocidad del flujo y la elevación del nivel del agua.

El manejo inadecuado de las partes altas de las cuencas, también está en el origen ocurrencia de fenómenos de inundación, que con cierta frecuencia afectan a diferentes barrios de Bogotá. A esto se suman en las partes bajas las deficiencias en el drenaje y en los sistemas de alcantarillado de muchos barrios del occidente de la ciudad.

La figura 11 presenta la situación simplificada de la amenaza por inundación en Bogotá, la cual ha sido objeto de numerosos estudios desarrollados tanto por la DPAE como por la Empresa de Acueducto de Bogotá, tal como lo registra la Bodega de Información del Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y la Atención de Emergencias de Bogotá (ver SIRE, 2007). Las zonas más expuestas están el occidente de la ciudad (localidades de Suba, Engativá, Kennedy, Tunjuelito y Bosa).

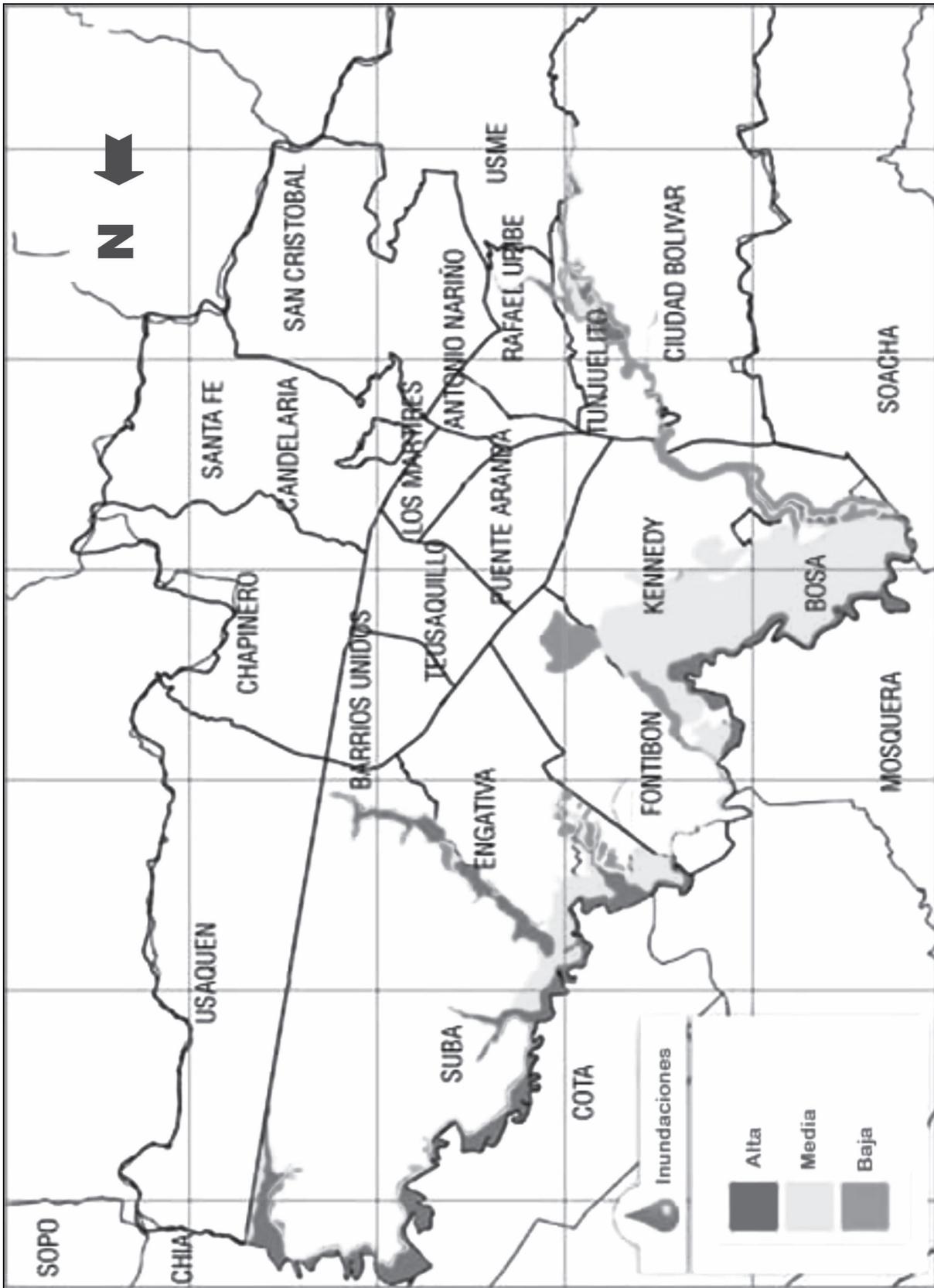
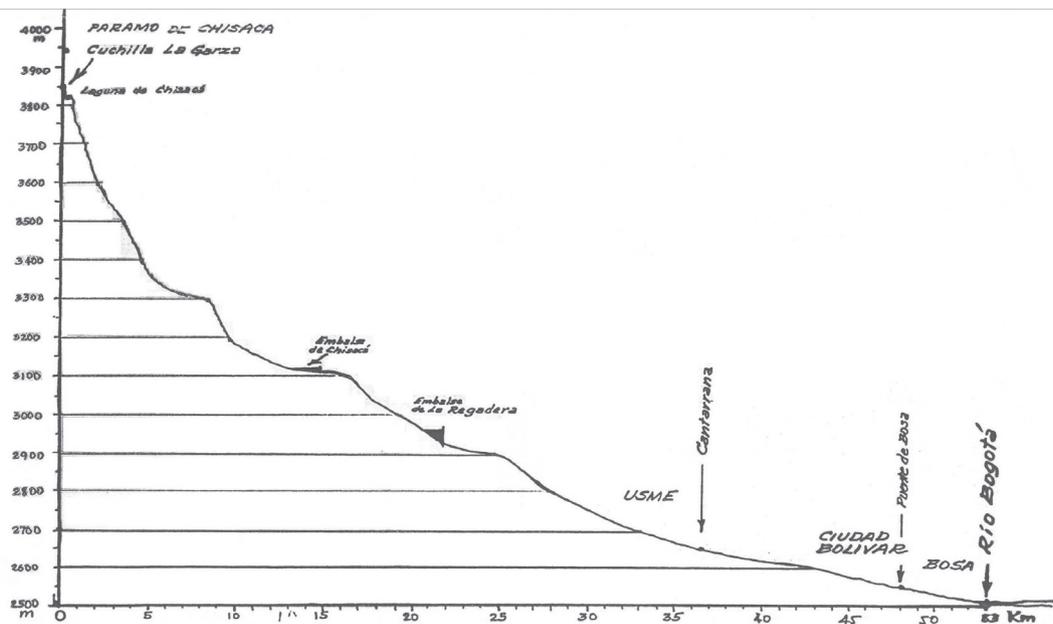


Figura 11. Amenaza relativa por fenómenos de inundación en Bogotá (Tomado de DPAAE, 2007)

## Inundaciones en el río Tunjuelo (O. N.)

Características de la cuenca (Navas & Lobo-Guerrero, 2005)

Constituye el eje central de ordenamiento territorial de la parte sur del Distrito Capital. La longitud de la cuenca es de 53 kilómetros desde su nacimiento en la laguna Los Tunjos ( $\dot{A}h = 3900$  msnm) hasta su desembocadura en el río Bogotá ( $\dot{A}h = 2510$  msnm) (figura 12).



Río Tunjuelo [BOGOTÁ] Perfil Longitudinal

Modificado de A. Lobo – Guerrero U.

Figura 12. Perfil longitudinal de la cuenca del río Tunjuelo

El caudal medio anual es de 133 millones de metros cúbicos ( $4,2 \text{ m}^3 / \text{s}$  en el puente de Bosa).

Los embalses de Chisacá y La Regadera que se localizan en la cuenca alta, suministran agua al sur de la ciudad, pero no son de regulación de crecientes. En la cuenca baja en los años 70 del siglo xx, se construyeron unos pequeños embalses de amortiguamiento denominados 1, 2, 3 y jarillones de protección.

En esta cuenca habitan alrededor de 2,5 millones de habitantes, que constituye la tercera parte de la población de la ciudad. Forman parte de la cuenca las localidades:

- 20 Rural de San Juan de Sumapaz
- 19 Ciudad Bolívar
- 07 Bosa
- 06 Tunjuelito
- 05 Usme

El rasgo geológico dominante es el sinclinal de Usme, limitado al oriente por la falla de Juan Rey y al oeste por la falla del río Tunjuelo. Además hay varios trazos de fallas transversales a este tren que son fallas de rumbo y normales.

Afloran las siguientes formaciones geológicas de la más reciente a la más antigua:

Formación Tunjuelo	Cuaternario
Formación Usme	Cuaternario
Formación Regadera	Terciario
Formación Bogotá	Terciario
Formación Arenisca del Cacho	Terciario
Formación Guaduas	Terciario
Formación Guadalupe	Cretáceo

La falla del río Tunjuelo corre por el valle del mismo nombre; es una falla inversa con rumbo norte-sur y tiene una extensión de 23 km. Se han observado rasgos estructurales de campo, como facetas triangulares, aluviones cuaternarios colgados, basculamiento en varios depósitos, escarpes de línea de falla, quiebre de pendiente y cursos hídricos alineados. Al norte se enlaza con la falla de Mochuelo y es cortada por las fallas de Yerbabuena y La Primavera, en el sector de Doña Juana y Ciudad Bolívar.

Durante el Plioceno-Pleistoceno la sabana de Bogotá estuvo cubierta por un gran lago. En los periodos más fríos se formaron glaciares en las partes más altas de las montañas y cerros circundantes a la sabana. Cuando el clima se volvió más cálido, los glaciares comenzaron un movimiento pendiente abajo (periodos interglaciares). Esta masa glaciaria en descongelamiento, transportó grandes bloques de rocas desprendidos de los acantilados y circos glaciares conformados en la zona de nieves, los cuales fueron depositados cuenca abajo en el valle del río Tunjuelo. La Formación Tunjuelo es un cono fluvio-glaciario, constituido por bloques y cantos rodados, gravas, gravilla, arena, limo y arcilla.

### Inundaciones junio de 2002

Fuertes lluvias en la cuenca alta del río Tunjuelo, produjeron entre el 9 y 10 de junio grandes eventos de inundación, causando estragos en los barrios Tunjuelito, San Benito, Abraham Lincon y Nuevo Muzú. Tres mil damnificados, siete hospitalizados y 420 predios inundados. Afortunadamente no hubo muertos porque gran parte de las aguas quedó almacenada en tres grandes excavaciones de las minas de gravilla aledañas al río Tunjuelo (figura 13).

Según el informe del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM y las estimaciones de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB, el 9 de junio de 2002, hacia las 7:30 a.m., se presentó un caudal de 186 m<sup>3</sup>/s, (caudal medio: 4,3 m<sup>3</sup>/s) a la altura del puente de la avenida Boyacá (barrio San Benito), equivalente a una creciente con periodo de retorno de cien años. Buena parte de las aguas se desviaron hacia la zona de las grandes excavaciones de las gravilleras y las colmataron totalmente.

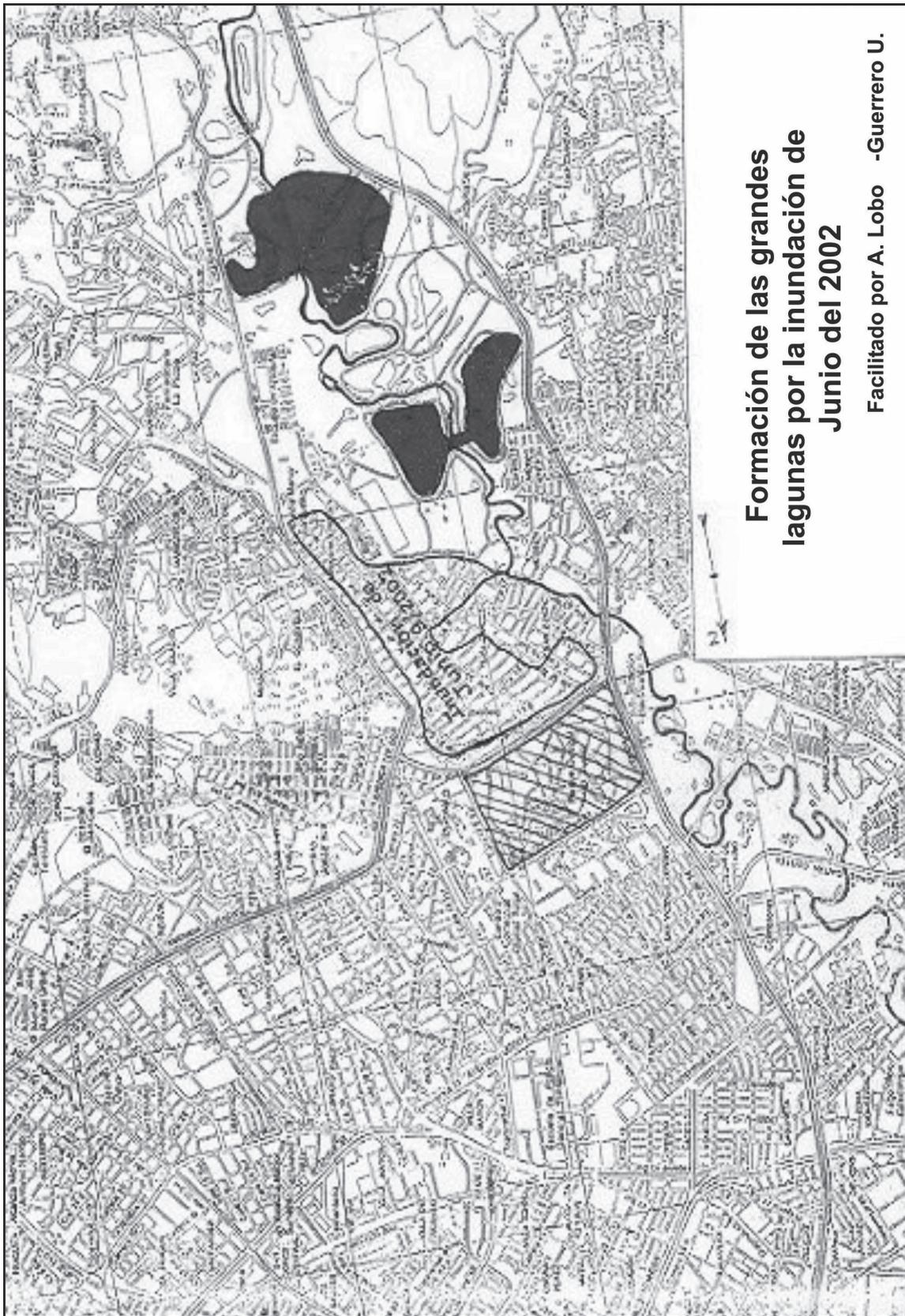


Figura 13. Lagunas de inundación producidas en junio de 2002

Para evitar las inundaciones, la Alcaldía aprobó que la EAAB contratara la construcción de una presa o embalse seco que solamente funciona para amortiguar las crecientes, con las siguientes características:

- a. Capacidad: 2,5 millones m<sup>3</sup> / agua.
- b. Altura de la presa: 38 m.
- c. Longitud: 600 m (de la cresta o eje de presa).
- d. Estructuras de rebose y descarga de fondo.

La Sociedad Colombiana de Geología ha sostenido la inconveniencia de su construcción, ya que la falla del Tunjuelo está cruzando cerca del costado izquierdo de la presa, lo que origina un alto grado de amenaza sísmica al proyecto. Es un embalse seco, que solamente funciona para amortiguar las crecientes de invierno. En las laderas aguas arriba del sitio de presa, se han cartografiado depósitos recientes de materiales poco compactos y susceptibles a movimientos; la mayor parte de coluviones coalescentes (estables hoy), podrían moverse al presentarse individual o simultáneamente alguno de los siguientes agentes: grandes aguaceros, sismos o actividad antrópica.

## La amenaza sísmica en Bogotá

De acuerdo con el Estudio General de Amenaza Sísmica para Colombia (Ingeominas & AIS, 1997), Bogotá se encuentra en zona de amenaza sísmica media. En esta zona se pueden esperar aceleraciones en roca cercanas al 20 % de la gravedad. Esta situación se da en un ambiente sismotectónico complejo, enmarcado por los sistemas de fallas del Borde Llanero, Romeral y Salinas Suárez, entre otras.

Bogotá se ha visto afectada en el pasado por sismos que han causado daños significativos en edificios y otras estructuras. Entre estos hay que registrar los sismos de febrero 9 de 1967, de septiembre 4 de 1966, de agosto 29 de 1917, de enero 31 de 1906, de junio 17 de 1826, de julio 12 de 1785 y de octubre 18 de 1743. (Ramírez, 1975). El último de gran intensidad registrado fue el de 1966.

Como el nivel general de amenaza sísmica se puede ver aumentado por efectos locales de suelo o de topografía del terreno, para Bogotá se ha desarrollado un estudio de microzonificación sísmica (Ingeominas & U. de los Andes, 1997) que ha dividido a la ciudad en zonas de igual respuesta dinámica (ver figura 14).

Esta división ha tenido en cuenta los espectros de diseño para construcción sismoresistente en Bogotá y ha sido insumo para la elaboración del POT de la ciudad y del nuevo Código de Construcciones de Bogotá Distrito Capital (Decreto 074 de 2001).

El panorama del riesgo sísmico se completa con la vulnerabilidad de las edificaciones, la cual muestra que aproximadamente la mitad de las manzanas construidas en Bogotá están clasificadas en estratos socioeconómicos 1 y 2. Esta situación permite inferir una vulnerabilidad estructural alta y por ende, pese a que la amenaza sísmica es intermedia, en la ciudad no es extrema, un riesgo importante para muchas zonas de la ciudad.

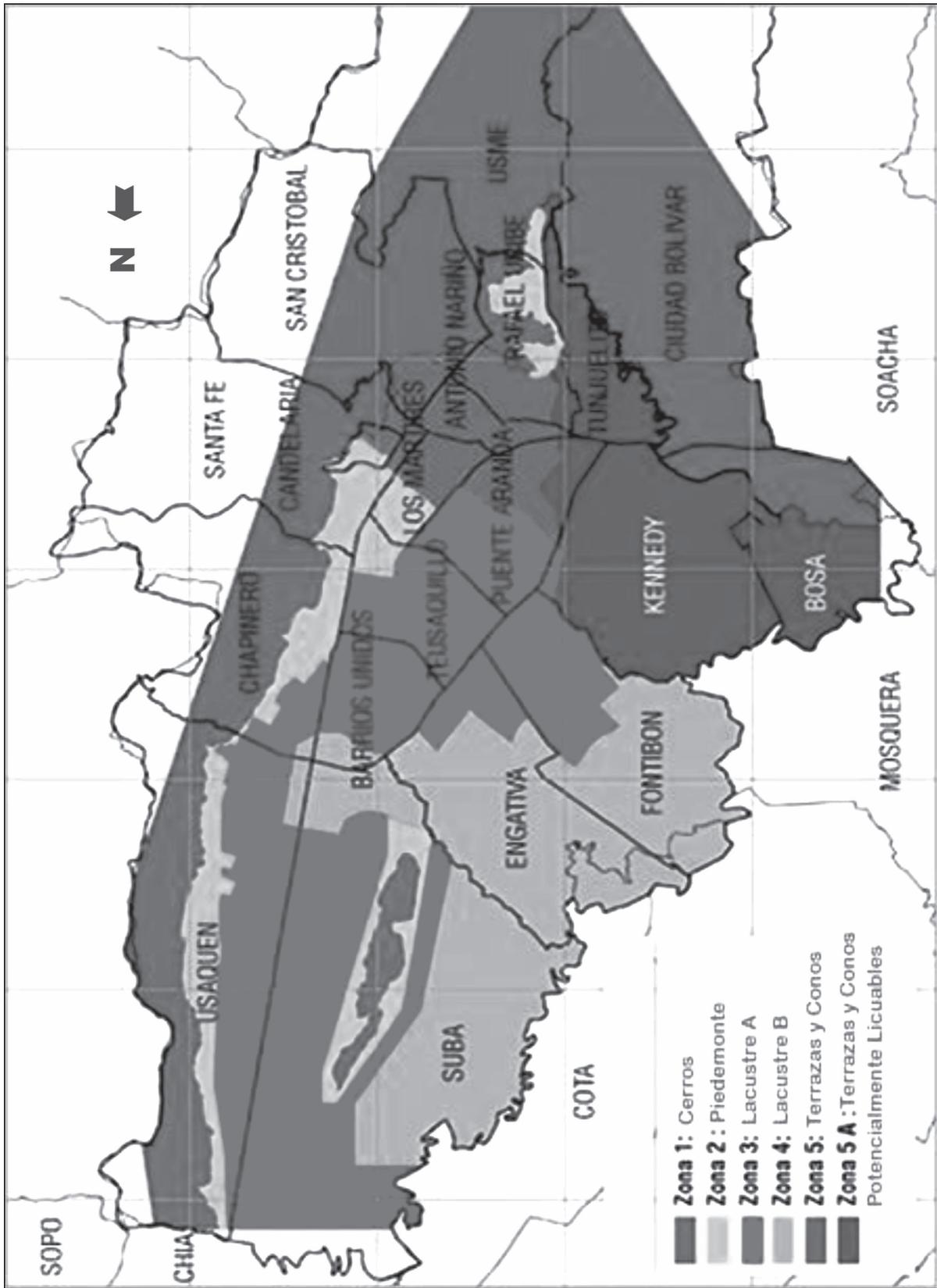


Figura 14. Mapa de microzonificación sísmica de Bogotá. Zonas de igual respuesta dinámica (Tomado de DPAAE, 2007, adaptación por DPAAE para decreto reglamentario a partir de Ingeominas & U. de los Andes, 1997)

## Conclusiones y recomendaciones (O. N.)

Bogotá como ciudad presenta una gran complejidad, por el hecho de ser capital de la república y capital del departamento de Cundinamarca. En ella confluyen todas las dinámicas nacionales y por ende se reflejan todos los problemas estructurales que afectan al país. El desplazamiento forzado de núcleos familiares, de origen campesino en su mayor parte, producto del largo periodo de violencias en Colombia, y de personas que buscan las oportunidades que ofrece la principal urbe de su nación, ha generado una densificación urbana que conlleva a problemas de disponibilidad ambiental mínima, para grandes sectores bogotanos, sobre todo de los barrios marginales al área perimetral urbana y de los conglomerados subnormales del sur de Bogotá.

El problema se agrava, en la medida en que no se respetan las áreas de reserva forestal de la ciudad, las de amortiguamiento, las de alto riesgo y amenaza por fenómenos de remoción en masa, la ronda de los ríos y zonas de inundación, que son ocupadas ilegalmente, muchas veces con la complacencia o patrocinio de dirigentes de la ciudad, denominados urbanizadores piratas.

La contaminación y deterioro de sus fuentes hídricas, y la posibilidad de desabastecimiento de agua potable para cuando la ciudad se extienda hacia el norte y occidente, hacen que el tema de las aguas subterráneas en la sabana tome una prioridad, que no alcanza a ser abarcada en el capítulo de la presente obra; igual que este tema, algunos otros como el POT, el problema del manejo de los residuos sólidos, no son mencionados para no exponernos a ser superficiales en el contenido del capítulo.

Ante la gran cantidad de información existente, producto de los numerosos proyectos y trabajos ejecutados en la ciudad, y ante la desagregación de éstos en diferentes entidades, es urgente conformar el Banco de Información de Bogotá y sus alrededores, de manera temática y en ambiente SIG (Sistemas de Información Geográfica), para permitir su interrelación.

Se propone la elaboración de una síntesis de los trabajos y resultados en el aspecto biofísico, integrando los temas geológicos, geotectónicos, ambientales, biológicos, agrológicos, hídricos, hidrogeológicos, etc., para permitir una visión sinóptica de las condiciones y problemática de la ciudad en este aspecto, para que los economistas y planificadores incorporen información al modelo de desarrollo de la ciudad y la sabana.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas podría servir de ente académico coordinador de este esfuerzo del mediano plazo. Los recursos provendrían del fisco distrital, para lo cual el Concejo de Bogotá debe socializar esta necesidad.

## Bibliografía

Asociación Colombiana de Hidrogeología, (2005). Resumen de las conclusiones del III Foro sobre el Agua Subterránea en la sabana de Bogotá, octubre 20-21, Bogotá, 8 páginas.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá-DPAE. [www.fopae.gov.co](http://www.fopae.gov.co), Acceso en enero de 2007.

\_\_\_\_\_ (1998a). Zonificación de riesgo por movimientos de remoción en masa en 101 barrios de la localidad de Usme. Bogotá

\_\_\_\_\_ (1998b). Zonificación de riesgo por fenómenos de inestabilidad del terreno en 27 barrios de la localidad de Usme. Bogotá

\_\_\_\_\_ (1998c). Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santa Fe de Bogotá (C. Bolívar, Rafael U., San Cristóbal, Suba, Santafé, Chapinero y Usaquén). Bogotá.

\_\_\_\_\_ 1999. Zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa para tres sectores de Bogotá (Usaquén, Ciudad Bolívar y Usme). Bogotá.

HERNÁNDEZ, L. & QUEVEDO, A., (2003). Determinación temporal de las diferencias de altura de la superficie del perímetro urbano de Bogotá D.C., mediante los datos de nivelación geodésica de los proyectos Catastro Distrital: 1986-1996. Tesis Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (1980). Diccionario geográfico de Colombia. Tomo I, segunda edición, Bogotá, 893 páginas.

Instituto Colombiano de Geología y Minería-INGEOMINAS (1988a). Zonificación geotécnica del Distrito Especial de Bogotá, convenio Ingeominas-DAPD, Bogotá.

INGEOMINAS & AIS (1997). Estudio general de amenaza sísmica para Colombia. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Ingeominas, Universidad de los Andes. Bogotá.

INGEOMINAS & Universidad de los Andes (1997). Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá. Documento síntesis. Ingeominas, FOPAE DNPAD, Bogotá. 130 p.

\_\_\_\_\_ (2004). Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geológica para ingeniería. Informe interno. Subdirección de Geología Básica, Bogotá.

\_\_\_\_\_ (2005a). Zonificación geomecánica de la sabana de Bogotá, Subdirección de Geología Básica, Bogotá.

\_\_\_\_\_ (2005b) Geología de la sabana de Bogotá.

INGEOMINAS-CAR (1995). Mapa hidrogeológico de la sabana de Bogotá, Bogotá.

INGEOMINAS – UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (1996). Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá. Estudios geológicos, tectónicos y neotectónicos (subproyectos 2 y 3), Bogotá.

Japanese International Cooperation Agency- JICA (2002). *The Study on Disaster Prevention in the Bogotá Metropolitan Area in the Republic of Colombia*, Bogotá, 64 p.

KANIUTH, K. HAFELE, P & Sánchez, L. (2001). Hundimiento de la estación permanente BOGA del GPS. IAG Symposium en Sistemas Verticales de Referencia Cartagena, Colombia. 21- 23 -02. 2001 (poster).

KANIUTH, K. (2001). Proceso de la Red 2000 de SIRGAS GPS en: IAG/IGAC/DGFI Symposium Vertical Reference System, Subsidence of the Permanent GPS Station Bogotá. Cartagena 23.02. 2001.

NAVAS O. & LOBO-GUERRERO A. (2005). “Inundaciones de mayo-junio del 2002 en el bajo Tunuelo, sur de Bogotá”, En: Hermelin M., Editor: *Desastres de origen natural en Colombia, 1979 – 2004*, Fondo Editorial U. Eafit, Medellín, páginas 179 - 211.

Lampis, A. & Velásquez, E. (2005). Riesgo medio ambiental y pobreza. CIDS - Centro de Investigaciones sobre Dinámica Social, U. Externado de Colombia. Informe para Misión de pobreza, DNP – BID. Bogotá.

LOBO-GUERRERO, A. (1992). Geología e hidrogeología de Santa Fe de Bogotá y su sabana, VII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería de Colombia, Bogotá.

PAVA, J. (2000). “Componentes de amenazas y riesgos por fenómenos de remoción en masa en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá”. En: Memorias Seminario Estudios de riesgos por fenómenos de remoción en masa. Secretaría de Gobierno-DPAE, Bogotá.

RAMÍREZ, J. E. (1975). *Historia de los terremotos en Colombia*. IGAC. Ed. Andes. Bogotá 250 p.

Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y la Atención de Emergencias de Bogotá- SIRE. [www.sire.gov.co](http://www.sire.gov.co). Acceso febrero de 2007.

VAN DER HAMMEN, Th. (2003). *Neógeno y Cuaternario del altiplano de Bogotá y alrededores*. IGAC, V. 2

INGEOMINAS. Aspectos geoambientales de la sabana de Bogotá. Publicaciones Geológicas Especiales. No 27, INGEOMINAS, Bogotá.

VARGAS, J. (1989) (Director del Tomo I) “Conquista y Colonia”. En: Fundación Misión Colombia, *Historia de Bogotá*, 13 tomos, Salvat-Villegas Editores, Bogotá, páginas 26–30.

VELÁSQUEZ, E. (1999). Contribution Méthodologique à la Prise en Compte du Milieu Physique Dans la Planification Environnementale du Territoire en Zone Montagneuse de Colombie. Tesis de doctorado, U. de Grenoble I, Francia.

\_\_\_\_\_ (2004). “Aspectos conceptuales de la evaluación del geopotencial con fines de planificación territorial”. En: *Cuadernos de Geografía*, No 13, Universidad Nacional, Bogotá. p. 103-144.

---

# Armenia

Ricardo A. Méndez Fajury / Elizabeth Pinilla Hernández

La ciudad de Armenia fue fundada en 1889 en las fértiles tierras del Quindío (antiguos territorios quimbayas) por grupos colonizadores provenientes de Antioquia, el Cauca y el altiplano cundiboyacense; tomó su nombre de la República de Armenia (antigua Unión Soviética). Posteriormente fue denominada como Ciudad Milagro por su gran empuje y desarrollo. Infortunadamente, fue semidestruida por el sismo del 25 de enero de 1999.

## Entorno biofísico

### Paisaje

Armenia está localizada a 4°32' latitud norte y 75°41' de longitud oeste, tiene una altura de 1483 metros sobre el nivel del mar -msnm, y un área de 11 713 ha (2800 en el perímetro urbano). Posee una gran riqueza paisajística que la ha convertido en el epicentro del turismo rural. La topografía es de carácter ligeramente ondulado, inclinada hacia el suroeste en dirección al río La Vieja, con pendientes suaves exceptuando las márgenes de los ríos y quebradas donde se presentan inclinaciones bastante abruptas.

El paisaje predominante es el de piedemonte, el cual es ondulado, con leve inclinación (<10°) hacia el río Cauca, parcialmente disectado por numerosos cañones y cañadas hacia el oeste. Geológicamente se desarrolla sobre el denominado Abanico de Armenia, el cual muestra en los cañones y cañadas pendientes que varían entre 10° y 90°. La zona urbana de Armenia, que está ubicada sobre el abanico, está limitada al occidente y oriente por los cañones de la quebrada Hojas Anchas y el río Quindío, respectivamente, con altos valores de pendiente. Así mismo se concentra sobre una zona donde abundan cañadas con profundidades no mayores a 20 m, amplitud más común de 80 m y una distancia promedio entre cañadas adyacentes de 200 m (POT, 1999).

### Clima y vegetación

El clima es tropical húmedo a tropical semihúmedo, de régimen térmico templado y temperatura promedio de 22 °C, en la parte baja de la ciudad (1400 msnm) y 19 °C en la parte alta (1550 msnm). La precipitación fluctúa entre 2200 y 2500 mm/año, donde el máximo primario de lluvias se produce en los meses de octubre-noviembre; marzo, abril y mayo señalan las máximas secundarias. Las precipitaciones mínimas se presentan en junio-julio y un mínimo parcial en diciembre-enero (Ingeominas, 1992).

Los cultivos predominantes son café y plátano; hacia las laderas rastrojo, pasto de corte y bosque primario y secundario.

La ciudad está ubicada en la zona de vida de Holdridge denominada como bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM) (IGAC, 1977).

## Hidrología

### Hidrología superficial

La red fluvial del municipio está conformada por el río Quindío, afluente del río Barragán, que en conjunto forman el río La Vieja y la quebrada Hojas Anchas tributaria del río Espejo. El río Quindío nace en el volcán del Quindío, drena el flanco occidental de la cordillera Central; es una corriente de montaña con régimen torrencial y la principal fuente de agua para el acueducto, abastecimiento para necesidades de riego en la zona agrícola y producción de energía.

### Hidrología subterránea

La hidrogeología de la ciudad no se ha estudiado en detalle, sólo se tienen algunos perfiles geoelectrónicos con profundidad de 200 m, realizados por Japanese International Cooperation Company–JICA en la zona comprendida entre los ríos Espejo y Quindío, y Armenia y La Tebaida, en los cuales se reportan cuatro unidades hidrogeológicas: una primera unidad, de tipo superficial, compuesta por cenizas volcánicas y lapilli secos con valores de resistividad entre 200 y 500 ohm-m; una segunda unidad subyacente a la anterior, con resistividad entre 120 y 100 ohm-m, conformada por suelos residuales arcillosos y material completamente meteorizado, que en algunos casos se encuentran saturados pero sin presencia de agua libre; una tercera unidad con valores de resistividad entre 200 y 400 ohm-m, compuesta por intercalaciones de lahares, flujos piroclásticos, lentes pumíticos y flujos torrenciales, considerada como excelente acuífero y finalmente un estrato cuya resistividad excede 500 ohm-m y en algunas ocasiones 1000 ohm-m, la cual está conformada por aglomerados volcánicos y otros materiales del mismo origen, soldados, que forman un nivel de baja permeabilidad. Ocasionalmente se presentan intercalaciones de niveles pumíticos y cenizas volcánicas relativamente sueltos, que pueden contener agua libre y en algunos sitios de la ciudad se observa un nivel freático entre 10 y 18 m de profundidad (Ingeominas, 1992).

## Geología, geomorfología y tectónica reciente

### Geología

La ciudad de Armenia está localizada sobre un gran depósito volcanosedimentario denominado como Depresión del Quindío (Nelson, 1957), Flujo de lodo del Quindío (Mosquera, 1978), Formación Armenia (McCourt, 1984), Glacis del Quindío (González y Núñez, 1991) y Abanico del Quindío (Espinosa, 2000). Está conformado por materiales provenientes de la cordillera Central, cuyos depósitos (sin confirmar, por falta de estudios) son en su mayoría producto de la actividad de los volcanes del Quindío, Santa Isabel y Paramillo de Santa Rosa (Ingeominas, 1992). Las unidades geológicas presentes en la ciudad son las siguientes: sedimentos aluviales y fluvio torrenciales recientes del río Quindío (Qal3, Qal2 y Qal1), Piroclastos de caída (Qpc), Depósitos coluviales (Qc), suelos residuales (Qsr) y el Glacis del Quindío conformado por depósitos fluvio-volcánicos (Qfv) y depósitos volcánicos (Qtv) del Plio-Pleistoceno (Ingeominas, 1992, 1999).

### Geomorfología

La geomorfología de la ciudad se ha dividido en tres unidades (figura 1) como son:

Unidad uno: ocupa aproximadamente el 70% del área y en ella se ubica casi la totalidad del área urbana de Armenia. Se caracteriza por presentar topografía ondulada, inclinada suavemente hacia el oeste. El drenaje es tipo subparalelo, con abundancia de cauces secos, con control litológico y estructural. El grado de disección se puede considerar moderado con profundidades variables hasta de 30 m y taludes con inclinación inferior a 45°.

Unidad dos: el área que ocupa esta unidad tiene forma alargada y está situada entre la quebrada La Florida y el quiebre de pendiente donde se inicia el cañón del río Quindío. Se caracteriza por presentar topografía ligeramente ondulada, inclinación hacia el suroeste y menor disección que la unidad anterior. Las pendientes pueden alcanzar 90 m de altura e inclinaciones superiores a 50°. El drenaje es subparalelo, poco profundo y con taludes con inclinación menor de 45°.

Unidad tres: corresponde al área ocupada por el cañón del río Quindío, donde se diferenciaron dos zonas: a) la ladera, presenta pendientes superiores a los 45° y alturas respecto al nivel del río entre 80 y 125 m. b) la llanura de inundación del río Quindío, se distingue por su topografía plana aterrizada y presenta dos niveles ubicados entre 1.0 y 3.5 m de altura.

### Tectónica

La ciudad de Armenia está atravesada por varias fallas satélites del sistema de fallas Cauca-Romeral, de dirección noreste-suroeste, donde se destacan de oeste a este las de Caicedonia, Cauca-Almaguer (Falla del Aeropuerto), Buenavista, Armenia y El Danubio (Ingeominas, 1999) (figura 2). Estas estructuras geológicas ejercen marcado control sobre las corrientes de agua que atraviesan la zona, que forma escarpes pronunciados y desplaza y trunca quebradas. La mayoría de las fallas del Sistema Romeral tienen, en esta zona, movimientos transcurrentes en sentido lateral derecho, con componente vertical que levanta el bloque al occidente de la falla. La falla de Armenia, de dirección N10°E es especialmente importante por cruzar el casco urbano de la ciudad, y deja como evidencias de actividad reciente notorios rasgos geomorfológicos (escarpes hasta de 20 m de altura) y geológicos sobre cenizas volcánicas cuaternarias (Ingeominas, 1992).

### Geotecnia

Con base en criterios geotécnicos los suelos del municipio de Armenia se han clasificado en dos zonas:

- Zona 1: suelos de origen volcánico (cenizas y lapilli) en varias capas de diferentes tamaños, desde finos o limosos (cenizas) hasta arenas (lapilli), con espesores entre 8 y 12 m en el área plana que se reducen gradualmente hacia los escarpes de las quebradas, con una plasticidad media a baja y resistencia media a alta; los suelos de esta zona son normalmente consolidados a ligeramente sobreconsolidados, no presentan evidencias de ser expansivos ni colapsibles, tienen un peso unitario promedio de 1,4 ton/m<sup>3</sup> y un peso específico promedio de 2,6.



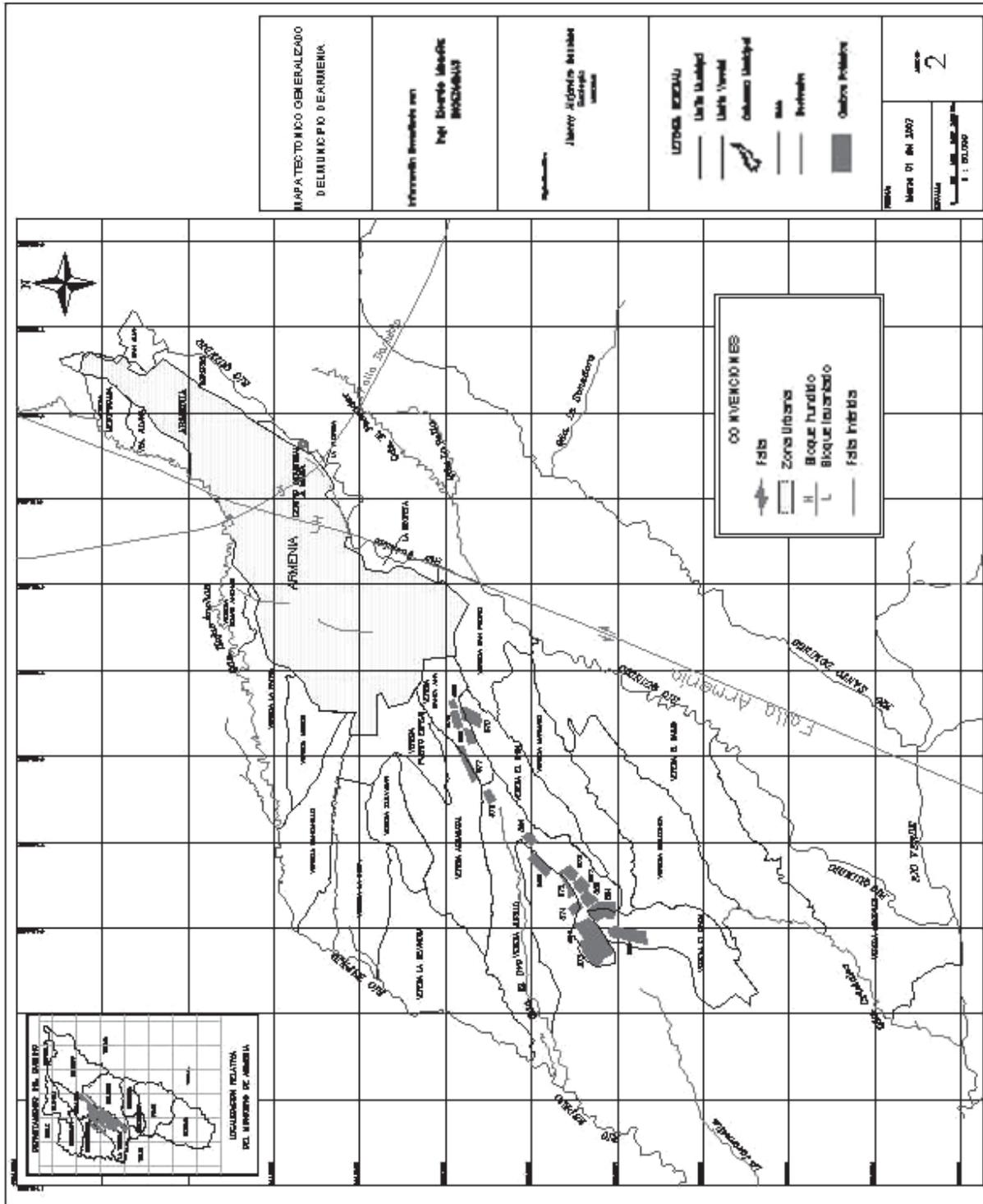


Figura 2. Mapa tectónico

- Zona 2: estos materiales subyacen a la zona 1, afloran en los valles de algunas quebradas y en cortes viales profundos, su espesor es de 10 a 12 m aproximadamente. Son, por suelos residuales y materiales, completamente meteorizados, derivados principalmente de flujos piroclásticos y lahares. Por sus características granulométricas se distinguen dos niveles: el superior que corresponde a suelos finos, con plasticidad media baja a media alta, con un peso unitario promedio de 1,55 ton/m<sup>3</sup> y un peso específico promedio de 2,7; y el nivel inferior, constituido por materiales tipo grava, en matriz limosa a areno-limosa, con plasticidad media baja a media alta, peso unitario con rango entre 1,4 y 1,8 ton/m<sup>3</sup> y peso específico entre 2,62 y 2,68 (Ingeominas, 1992).

#### Amenazas

Los fenómenos naturales que pueden generar algún tipo de amenaza para la ciudad de Armenia son (figura 3) (Ingeominas, 1992; Giraldo, 2005):

- Vulcanismo, originado por la actividad del complejo volcánico Cerro Machín-Cerro Bravo por caída de piroclastos del volcán Cerro Machín (Méndez et al, 2002). Es de aclarar que faltan muchos estudios relacionados con el grado de actividad de los volcanes del Quindío y Paramillo de Santa Rosa.
- Sismicidad, es la amenaza que más ha afectado a la ciudad, causando gran cantidad de pérdidas tanto humanas como materiales, especialmente por el sismo ocurrido el 25 de enero de 1999, a las 13:19, con una profundidad cercana a los 10 km, una magnitud de 6.2 en la escala de Richter y una aceleración registrada de 580 gales en la componente norte-sur. Con anterioridad a éste se tenían registrados en Armenia (instrumental e históricamente) algo más de 900 sismos.
- Movimientos en masa, son principalmente pequeños deslizamientos, desprendimientos y flujos de lodo, donde se involucran todo tipo de materiales y que están restringidos a taludes naturales y cortes artificiales con ángulos mayores a 30°.
- Avenidas torrenciales e inundaciones, en el área del municipio de Armenia la única corriente capaz de generar crecientes torrenciales es el río Quindío, donde se pueden observar evidencias de crecientes con caudales que suben hasta 3 m sobre el nivel normal.
- Incendios forestales, originados por la acción antrópica especialmente en las épocas de verano o sequía.

#### Aspectos socioeconómicos

##### Población – evolución

El primer censo fue en el año de 1951 y dio un total de 78 380 habitantes; posteriormente se realizaron censos en 1964 (137 222 habitantes), 1973 (159 792 habitantes), 1985 (195 453 habitantes) y 1993 (223 284 habitantes).

Según el censo del 2005 el municipio tiene una población total de 272 574 personas, con 265 020 habitantes residentes en la cabecera; 129 796 son hombres y 142 778 son mujeres (DANE, 2006).



Figura 3. Mapa de la geología superficial de la ciudad de Armenia (tomada de Padilla et al., 2005)

### Industria y economía

La inversión neta en sociedades, como un indicador económico-empresarial estructurado por las sociedades constituidas muestra un incremento significativo con respecto a años anteriores. Este comportamiento favorable de la inversión neta está influenciado por las reformas de capital, que mostraron movimientos muy evidentes en sectores de electricidad, gas, agua, comercio, hoteles y restaurantes, agricultura, ganadería, pesca, industria manufacturera y construcción. Esta dinámica se debe a la constitución de nuevas asociaciones, de las cuales las sociedades anónimas representan el mayor porcentaje, seguido por las sociedades limitadas, la comandita simple y las unipersonales. Es importante resaltar que la constitución de nuevas sociedades logró alcanzar uno de los niveles más altos de los últimos seis años.

Se puede concluir que la dinámica empresarial en Armenia ha tenido un repunte interesante en los últimos años, el sector turístico continuó avanzando en su fortalecimiento, generando confianza en los inversionistas. Se espera entonces que la generación de empleo en la región se reactive.

Armenia ha sido calificada como un territorio donde invertir es un buen negocio. La región cuenta con condiciones que la convierten en un escenario lleno de oportunidades. La Cámara de Comercio sigue trabajando con el fin de motivar más la llegada de capitales productivos que aumenten las posibilidades de reactivar la economía regional y ofrecerle a los habitantes de esta zona del país garantías reales (Cámara de Comercio de Armenia, 2006).

### Infraestructura vial y transporte

La ciudad de Armenia está influenciada por 87,62 km de vías nacionales, que representan el 17,24% del total de la malla urbano-regional (508,08 km), repartidos en seis tramos en buen estado. Dentro de este contexto deben tenerse en cuenta proyectos de orden nacional como las dobles calzadas. La malla vial urbano-rural tiene una longitud total de 165,35 km y se divide en dos grupos: el tramo, con una longitud de 122,59 km, el 23,81% (22,17 km) se encuentra con afirmado, huellas y tierra simultáneamente; el 16,67% (8,56 km) se encuentra en afirmado; y el 38,10% restante (67,86 km) se halla en otro tipo de acabado, y el ramal, con una longitud de 42,76 km, el 31,03% (13,38 km) se encuentra en tierra; el 20,69% (4,95 km) se encuentra en huellas y afirmado, simultáneamente; y el 57,13% restante (24,43 km) se halla en otro tipo de acabado. En general, con muy pocas excepciones, las vías que conforman lo urbano-rural del municipio de Armenia ofrecen buenas condiciones de circulación.

El parque automotor matriculado en la ciudad en total es de 12 120 vehículos, de los cuales 87 corresponden al sector oficial, 9153 al sector particular y 2880 al sector público. Esta cifra aumenta si se considera que Armenia es una ciudad a través de la cual se moviliza un gran número de personas a sus labores en ciudades cercanas, además del tránsito nacional entre Bogotá y el occidente del país (Comunicación oral Liliana Patricia Rugeles Gil, Secretaria de Tránsito y Transporte de Armenia - SETTA).

El transporte aéreo se realiza a través del aeropuerto El Edén, desde el cual se cubren rutas nacionales, especialmente hacia y desde las ciudades de Bogotá y Medellín.

## Educación

De acuerdo con los registros de la Secretaría de Educación del Municipio en Armenia, existen 139 centros educativos; de ellos 74 corresponden a instituciones oficiales y 65 a instituciones privadas, en las cuales se encuentran matriculados 67 994 alumnos en los diferentes niveles de educación.

En el sector oficial existen 56 781 estudiantes, de los cuales 3438 se encuentran en el nivel de preescolar, 23 757 en básica primaria, 17 426 en básica secundaria, 6513 en media y 5738 corresponden a alumnos adultos matriculados en horarios nocturnos y sabatinos. En el sector privado existen 11 213 estudiantes, de los cuales en el área urbana se encuentran 9593 y en el área rural 1620. En el área urbana los alumnos se encuentran matriculados en 60 centros educativos, en los diferentes niveles, de la siguiente forma: 2080 en preescolar, 3791 en primaria, 2388 en secundaria, 972 en media y 362 en el ciclo de adultos (Secretaría de Educación, 2006). En el sector universitario existen once centros de educación superior para una población estudiantil del orden de diez mil estudiantes.

## Aspectos ambientales

### Abastecimiento de agua

Los ecosistemas estratégicos relacionados con el municipio de Armenia son el parque nacional natural Los Nevados y la reserva La Montaña (CRQ); la bocatoma que abastece de agua potable a la ciudad se encuentra ubicada en el sector conocido como Llano Grande, perteneciente a la cuenca superior del río Quindío. En ella se tiene autorizada una captación de 1500 litros, pero por macromediciones se están obteniendo 1360 litros, con una pérdida por conducción del 35%, lo cual permite el abastecimiento para 380 000 suscriptores. El río Quindío posee un caudal de 5,94 m<sup>3</sup>/seg, una oferta de 187,32 Mm<sup>3</sup>/año y un rendimiento de 21,48 l/km<sup>2</sup>. Respecto a la oferta subterránea la ciudad puede obtener agua de las diferentes capas acuíferas reconocidas en el Glacis del Quindío (CRQ et al., 2006).

### Materiales de construcción

La mayoría de los materiales pétreos para construcción (grava, gravilla y arena) utilizados en la ciudad de Armenia son de calidad aceptable y provienen de la explotación de materiales de arrastre de los lechos activos de los ríos Barragán, La Vieja y Santo Domingo. Del río Quindío se extraen cantidades menores y la extracción ocasiona cambios importantes en la dinámica fluvial, que si no se controlan podrían agravarse en un futuro cercano.

Otras alternativas de explotación son los depósitos de flujos piroclásticos y lahares, los cuales, por sus características de resistencia media a baja y su facilidad para dejarse disgregar (principalmente grava media a gruesa, limo y arena) favorecen las labores de trituración, mezcla y ajuste a las especificaciones granulométricas exigidas. Adicionalmente, los depósitos aluviales elevados o terrazas ofrecen condiciones granulométricas aceptables como fuente de materiales pétreos para construcción (Ingeominas, 1992).

Zonas de alto riesgo (por amenazas naturales)

A raíz del sismo que afectó a la ciudad el 25 de enero de 1999, se ha llevado a cabo un plan local de emergencias elaborado por la Oficina de Prevención y Atención de Desastres de Armenia (OMPAD) y la Oficina Asesora de Planeación Municipal, que se enmarca en los procesos de prevención y/o preparación ante cualquier emergencia, lo cual exige diferentes niveles de coordinación y un trabajo interinstitucional permanente que garantice el desarrollo eficiente de las acciones en las diferentes fases de la atención.

La ciudad de Armenia queda ubicada en una zona de amenaza sísmica alta con diferentes posibilidades de fuentes sismogénicas activas, unas cercanas superficiales, unas profundas y otras lejanas. Desde el punto de vista de ingeniería sísmica se han desarrollado modelos simplificados que permiten considerar las variables fundamentales en forma probabilística. La actividad sísmica de las posibles fuentes sismogénicas asociadas al área es una consecuencia de la actividad sísmica general del suroccidente del país.

Para el análisis de la actividad sísmica se elaboró, entre otros, el trabajo de microzonificación sísmica con base en el catálogo de sismos de Ingeominas actualizado hasta 1995 con un total de 4517 eventos que van desde el primer sismo histórico reportado en 1566 hasta el mes de junio de 1995, complementado con los datos del sismo del Quindío del 25 de enero de 1999.

Por otra parte, se llevó a cabo un convenio entre la Sociedad de Ingenieros, la Corporación Regional del Quindío –CRQ y la Alcaldía de Armenia, para el desarrollo de procesos enfocados a la mitigación del riesgo: realización de la fase II del proyecto “Análisis de estabilidad de taludes y efectos de amplificación sísmica por topografía, asociados a los daños en edificaciones localizadas en o cerca de las laderas de las quebradas del municipio Armenia” y se continuó el convenio con la Universidad del Quindío-Observatorio Sismológico para el monitoreo sísmico permanente.

Durante el año 2006 la OMPAD realizó más de 420 visitas técnicas con base en solicitudes verbales y escritas de la comunidad para emitir conceptos sobre estabilidad de terrenos (figura 4), debido a la ola invernal tan prolongada. En cada visita se emite un concepto técnico, se hace el monitoreo permanente hasta que el riesgo disminuya o se evacuen las familias a zonas seguras, se remiten a las diferentes entidades de acuerdo con su competencia haciendo el acompañamiento respectivo y se da asesoría para la implementación de obras con el apoyo de la CRQ.

También se ha llevado a cabo el proyecto de banco de materiales liderado directamente por la Presidencia de la República y coordinado por la Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres –DNPAD, con el fin de reparar o mejorar viviendas que no estén en zonas de alto riesgo (Decreto 072 y 107/99) y que hayan resultado afectadas por emergencias o desastres.

Para los taludes de algunos sectores que aparecen contemplados como zonas de riesgo mitigable se realizó el reconocimiento de la estratigrafía, la determinación de niveles subterráneos de agua, la caracterización geomecánica; se dieron además recomendaciones y prediseños de posibles obras de estabilización de taludes y manejos de aguas de escorrentía superficial y “posibles” flujos subterráneos, estabilización y mitigación de la amenaza de inestabilidad.



Figura 4. Inestabilidad de terrenos en Armenia (fotografía autorizada por OMPAD, 2006)

En la parte educativa, se hizo en el 2006 una cobertura del 100% de las instituciones educativas de Armenia y se obtuvieron 110 planes escolares actualizados al 2006, se realizaron 87 asesorías para la actualización de dichos planes y el fortalecimiento de las brigadas escolares. Actualmente se elabora material audiovisual que va a permitir de una forma más dinámica la capacitación en el tema de la gestión del riesgo a los niños de primaria. Adicionalmente, se preparó material para desarrollar procesos con las comunidades buscando la implementación de los diagnósticos barriales y la conformación de los Combas (Comités barriales de emergencia).

#### Zonas de expansión futura

Son las comprendidas por aquella porción del territorio municipal que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia de mediano plazo del Plan de Ordenamiento Territorial. El suelo de expansión urbana en el municipio está comprendido por los sectores San Juan, La Maravilla - Primavera - La Patria y Puerto Espejo.

La incorporación de este suelo al perímetro urbano está condicionada a que cuente con infraestructura de espacio público, vial, y redes de energía, acueducto y alcantarillado.

#### Contaminación y plantas de tratamiento

En la actualidad la ciudad de Armenia no cuenta con ninguna planta de tratamiento para aguas servidas y residuales, que son vertidas a los cauces

de los ríos Espejo y Quindío y la quebrada Cristales, los cuales por su caudal aún no están del todo contaminados y pueden ser recuperados para evitar su deterioro total.

Se ha establecido la elaboración de un plan de tratamiento para las aguas residuales, porque infortunadamente la ciudad de Armenia no se encuentra dentro de los municipios que hacen parte del proyecto de instalación de colectores por parte de la Corporación Autónoma Regional del Quindío – CRQ, alcaldías municipales y el Fondo de Descontaminación.

#### Relleno sanitario

La ciudad de Armenia no cuenta en la actualidad con un relleno sanitario en su jurisdicción, ya que el que existía fue cerrado en el año 2001 por estar ubicado en un sitio no apto y que no cumplía con las normas técnicas y ambientales dispuestas por la ley para su funcionamiento.

Por la carencia de un relleno sanitario el municipio dispone las basuras en el relleno sanitario Villa Karina ubicado en el municipio de Calarcá (Quindío), y dispone allí 49 656 ton/año. Sin embargo, la CRQ, tiene una proyección de disposición de basuras de 176 ton/día, 5290 ton/mes, para un total de 63 479 ton/año para la ciudad, equivalente al 70,7% de los residuos sólidos del departamento del Quindío.

Actualmente, se tiene un proyecto a largo plazo, de carácter departamental, para realizar un relleno sanitario en límites con el municipio de La Tebaida al suroeste del casco urbano de la ciudad (Comunicación oral Ingeniero Sanitario Luis Ernesto Carrasco, CRQ).

#### Microzonificación sísmica

El estudio de la microzonificación sísmica para orientar la reconstrucción de Armenia fue elaborado por la Asociación de Ingeniería Sísmica – AIS (1999) con la participación de la Universidad del Quindío, la Corporación Autónoma Regional del Quindío e Ingeominas y en él se determinaron con base en estudios geotécnicos cuatro zonas principales donde se espera un similar comportamiento sísmico: la zona A correspondiente a cenizas, la zona B a llenos, la zona C a terrazas, flujos y suelos de poco espesor y la zona D que establece las zonas de reserva-no aptas para la construcción. Para la aplicación de la norma NSR-98 la ciudad continúa siendo catalogada dentro de amenaza sísmica alta.

A raíz del sismo del 25 de enero de 1999, la ciudad empezó a contar con una red de acelerógrafos y sismógrafos manejada por el Observatorio Sismológico del Quindío-OSQ de la Universidad del Quindío, con la colaboración de Ingeominas. Con esta red se pretende conocer el grado de actividad sísmica de los sistemas de fallas que atraviesan la ciudad, la aceleración del terreno durante un evento sísmico y transmitir la información a las autoridades competentes y a la comunidad en general.

### Aspectos reglamentarios e institucionales

#### Área metropolitana

A pesar de los esfuerzos llevados a cabo por la administración municipal para establecer un área metropolitana con sus vecinos más cercanos, no ha

sido posible por la oposición de algunas autoridades y la encuesta a la comunidad que dio como resultado la negativa a la creación de dicha área.

#### Plan de Ordenamiento Territorial (POT)

El POT de la ciudad de Armenia 1999-2006 fue aprobado mediante el acuerdo No. 001 de 1999 del Consejo de la ciudad.

El nuevo Plan de Ordenamiento Territorial ya se elaboró y se encuentra en revisión por parte de las entidades competentes.

#### Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres (OMPAD)

La Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres (OMPAD) fue creada mediante el Decreto 0026 de marzo 22 de 2005, en cumplimiento de las normas que regulan el funcionamiento del municipio de Armenia y de los preceptos que reglamentan el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), contenidos en el Decreto-Ley 919 de 1989. La OMPAD es una oficina adscrita a la Secretaría de Gobierno y Convivencia, que desarrolla las actividades propias para garantizar el adecuado funcionamiento del Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres del Municipio de Armenia (CLOPAD) y lograr el cumplimiento de los propósitos del SNPAD.

#### Conclusiones

- Así mismo ha estado sometida a desastres por fenómenos naturales especialmente por terremotos y movimientos en masa.
- El terremoto del 25 de enero de 1999 partió en dos la historia de la ciudad en todos los sentidos: se perdieron muchas vidas humanas, se destruyeron muchas edificaciones, varias de ellas de gran valor histórico para la ciudad.
- En la actualidad el empuje empresarial, social, ha permitido que la ciudad recupere su sitio preponderante en el país.
- En prevención de desastres se ha logrado obtener los planes necesarios para proyectar la ciudad al futuro de una manera segura, contando con entidades que lideran el proceso en la región.

#### Agradecimientos

La Sociedad Colombiana de Geología y los autores agradecen el suministro de la información para la elaboración del presente artículo a las siguientes personas y entidades de la ciudad de Armenia: Clara I. Álvarez y Jorge A. Giraldo de la OMPAD, Adriana Duque V. de la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), ingeniero Hugo Monsalve, Universidad del Quindío, Secretaría de Tránsito y Transporte (SETTA), Secretaría de Educación, Cámara de Comercio, Fenalco.

#### Bibliografía

Corporación Autónoma Regional del Quindío-CRQ, Corporación Autónoma Regional del Risaralda- CARDER, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Parques

Nacionales Naturales de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; IDEAM (2006). *Ordenamiento y manejo de la cuenca del río La Vieja*. Armenia. 72 p.

ESPINOSA, A. (2000). Mapa preliminar de fallas activas del Quindío. Primera Fase, zona central. Manuscrito 65 p. Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE (2006). [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

GIRALDO, M. A. (2005). *Plan local de emergencia municipio de Armenia*, Versión 2.0. Armenia, 162 p.

GONZÁLEZ, H. y NÚÑEZ, A. (1991). Mapa geológico generalizado del departamento del Quindío (escala 1:100 000). Geología y recursos minerales. Memoria explicativa. Ingeominas. P. 1- 42.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (1977). *Zonas de vida o Formaciones vegetales de Colombia*. Vol XIII. No 11. Bogotá. 238 p.

Instituto Colombiano de Geología y Minería-INGEOMINAS (1992). Evaluación de amenazas geológicas y zonificación geotécnica preliminar de la ciudad de Armenia. Informe preparado para la Alcaldía de Armenia. 116p.

\_\_\_\_\_ (1999). Terremoto del Quindío (enero 25 de 1999). Informe técnico preliminar No 2: Armenia – Quindío. Bogotá. 243 p.

McCOURT. W. (1984). The Geology of the Central Cordillera in the Department of Valle del Cauca, Quindío and NW Tolima (Sheets 243, 261, 262, 280 and 300) Ingeominas – Misión Británica (BGS), Cali. Report No 8 p.1-58. I-1960.

MÉNDEZ, R., CORTES, G. & CEPEDA, H. (2002). *Evaluación de la amenaza volcánica potencial del Cerro Machín*. Ingeominas. 68 p.

MOSQUERA, D. (1978). Geología del cuadrángulo K-8 Manizales (informe preliminar) Inf 1763, Ingeominas.

NELSON, H.W. (1957). *Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the Sector between Ibagué and Cali*. Leidsche. Geol. Meded. V22, p1-75.

PADILLA, J., AGUDELO, A. y MÉNDEZ, R. (2005). Mosaico geológico del Quindío para Ingeniería. Ingeominas.

Plan de Ordenamiento Territorial de Armenia-POT (1999). Diagnóstico Plan de Ordenamiento Territorial.

---

# Barranquilla

Manuel Alvarado Ortega

Barranquilla es la ciudad de Colombia que más agua tiene en su entorno, al lado del río Magdalena y frente al mar Caribe, que la han venido forjando desde el punto de vista económico, social y cultural; por otra parte la región Caribe es la más atrasada del país desde el punto de vista social y económico.

## Reseña histórica

La ciudad de Barranquilla surgió a partir de la evolución del asentamiento de grupos humanos alrededor de los caños anexos al río Magdalena, en lo que hoy día se conoce como el centro histórico de Barranquilla. En sus inicios, hace más de dos mil años, este lugar funcionó como un punto de intercambio de alimentos y artesanías de los grupos indígenas de la región y como atracadero de canoas, lo que demuestra que en Barranquilla el comercio ha sido desde siempre una actividad económica importante (Villalón, 2006).

El 1 de abril de 1501, Rodrigo de Bastidas descubrió un gran río que llamó río Grande de la Magdalena; al sitio de la desembocadura lo llamó Bocas de Ceniza, por el contraste de colores entre el mar azul del Caribe y las aguas turbias del río.

El pueblo de indios de nombre Camacho se convirtió, a principios del siglo xvii en un “sitio”, es decir, en un poblado de personas jurídicamente libres, conformado principalmente por mulatos, mestizos y zambos, quienes se dedicaban a la ganadería y al transporte de productos con embarcaciones en los caños. En la tercera década del siglo xvii fue construida la hacienda de San Nicolás en las “Barrancas de Camacho”; este establecimiento dinamizó la economía del sector y a su alrededor se construyeron las primeras casas.

En 1813, Barranquilla recibió por parte del gobernador de Cartagena el honor de convertirse en villa y también en capital del departamento de Barlovento o Tierradentro (hoy departamento del Atlántico). En 1823 se introdujo la navegación a vapor en el río Magdalena. En 1857, Barranquilla fue ascendida a la categoría de ciudad; adquirió así mayor importancia política por su auge comercial y por su estratégica posición geográfica, y se convirtió en el primer puerto fluvial de Colombia, paso obligado de las exportaciones de tabaco a los mercados de Europa. El crecimiento de las exportaciones e importaciones llevó al gobierno nacional a la construcción de un ferrocarril, que comunicaba el puerto fluvial con el marítimo de Sabanilla en 1871, y luego con Puerto Colombia, inaugurado en 1893.

Junto con el comercio, Barranquilla continuó su crecimiento y se desarrolló una verdadera ciudad con gran dinamismo económico, intelectual y cultural: aparecieron las primeras fábricas, surgió una gran actividad perio-

dística, se construyó un tranvía, el acueducto, carreteras, se fundó la primera compañía telefónica del país y se creó la primera compañía de aviación de Latinoamérica.

Con la puesta en servicio del canal de Panamá en 1915 y la posterior construcción del ferrocarril del Pacífico y del puerto de Buenaventura, Barranquilla perdió parte del protagonismo comercial que mostró en años anteriores.

Teniendo en cuenta que el río era la única vía entre la costa Caribe y el interior del país, y ante el permanente desplazamiento de la zona portuaria en el mar debido a los problemas de sedimentación en la bahía de Sabanilla y sus alrededores, desde 1920 se hizo cada vez más evidente la urgencia de estudiar la canalización del río Magdalena en el sector de Bocas de Ceniza. De esa manera se construyó más tarde, el puerto marítimo dentro del río, inaugurado en 1936, conjuntamente con las obras de encauzamiento de Bocas de Ceniza.

Hasta 1930 el río fue el principal medio de transporte entre el interior del país y la costa. En 1940 las carreteras ya habían superado en transporte de carga al ferrocarril (30% río, 40% carretera, 30% ferrocarril), y paulatinamente con el paso del tiempo se desestimuló el uso del río, hasta llegar a la situación actual de transportar el 3,5% de la carga nacional. Este proceso disminuyó el interés por el uso del puerto marítimo de Barranquilla.

Durante el período 1960 y 1970, la ciudad continuó su expansión territorial, sus barrios se extendieron hasta los municipios vecinos, lo que originó en 1981 la creación del área metropolitana de Barranquilla, integrada por Soledad, Puerto Colombia y Malambo. En 1998 fue incorporado Galapa al área metropolitana. Con el interés de aprovechar aún más su posición estratégica frente al mar y al río Magdalena, así como su infraestructura portuaria, aeroportuaria, industrial, vial y de telecomunicaciones, el Congreso de la República le dio la categoría constitucional de Distrito Especial, Industrial y Portuario.

## Entorno físico

### Localización

El delta del río Magdalena entre Calamar (Bolívar) y la desembocadura en Bocas de Ceniza y el canal del Dique entre Calamar y la bahía de Cartagena, alberga una población de 3,5 millones de habitantes, y se localizan las ciudades de Cartagena y Barranquilla, dos de los principales puertos colombianos (figura 1).

Barranquilla está localizada en el norte de Colombia, sobre la margen izquierda del río Magdalena, próximo a su desembocadura en el mar Caribe. La ciudad está situada en la zona de clima tropical húmedo, con una latitud  $10^{\circ} 57' 42''$  norte y a una longitud de  $74^{\circ} 46' 54''$  oeste, a una distancia de 1000 km al norte de Bogotá. La altitud media de la ciudad respecto al nivel del mar es de 18 metros.

### Clima

La temperatura promedio de Barranquilla es  $28^{\circ}$  C, las mínimas medias están alrededor de  $24^{\circ}$  C y las máximas medias llegan a  $33^{\circ}$  C. Las precipita-

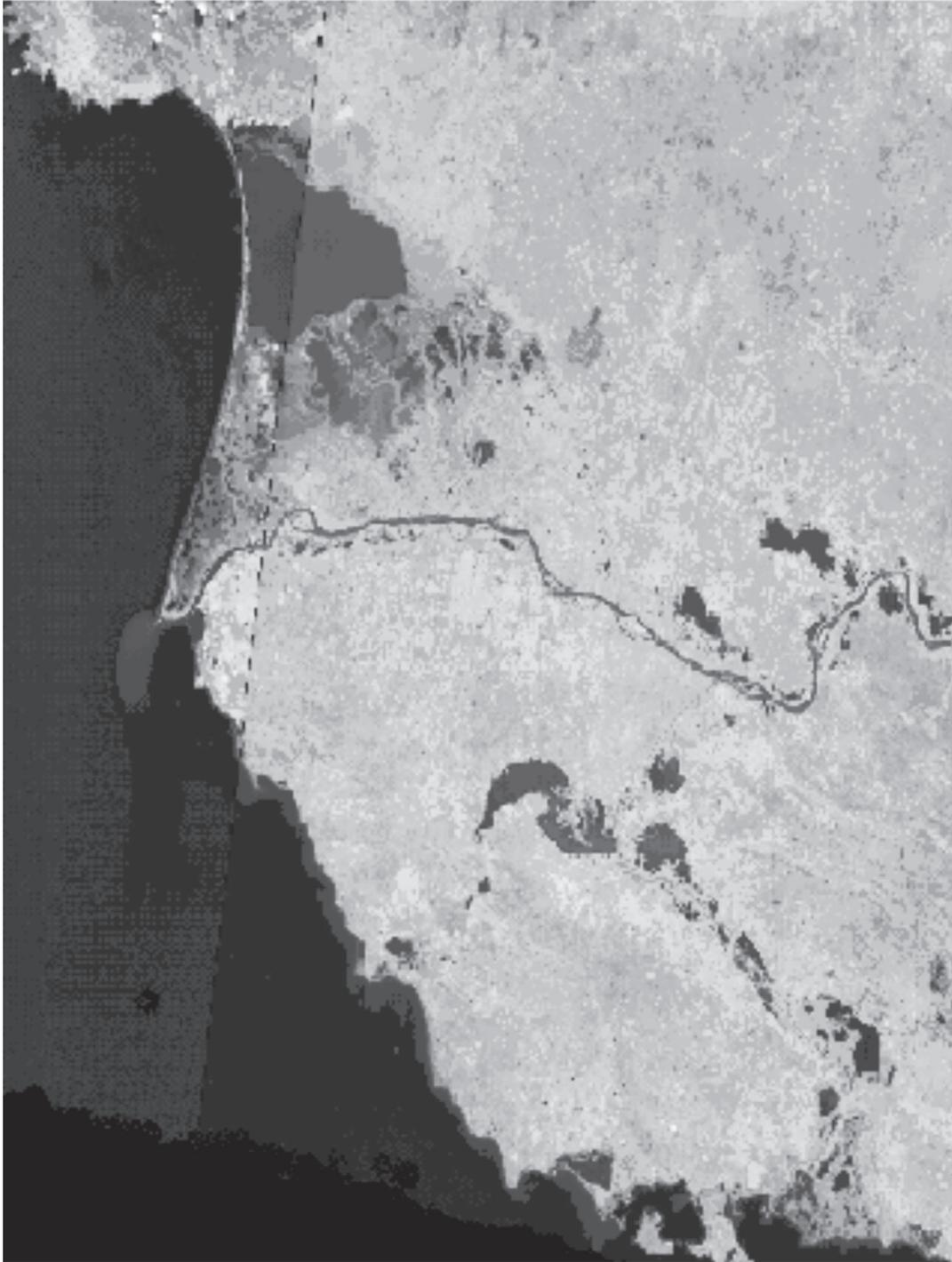


Figura 1. Delta reciente del río Magdalena  
Fuente: Imagen satelital Landsat (2004)

ciones tienden a aumentar desde el litoral hacia el centro del departamento del Atlántico. En el litoral las máximas alcanzan 550 mm/año, mientras que en el centro del departamento son de 1200 mm. El período seco comienza en diciembre y termina a mediados de abril. El período lluvioso dura de abril a principios de diciembre, mostrando una disminución de la intensidad en julio y agosto. Las lluvias se presentan en general en aguaceros torrenciales.

La humedad relativa varía entre 60% y 85%. Los períodos de máxima y mínima humedad coinciden con los de mayor y menor precipitación.

Los vientos predominantes en Barranquilla son los del noreste, que presentan velocidades medias entre 9 km/h y 23 km/h. Durante el período seco de diciembre a abril se presentan los vientos alisios provenientes del mar, con velocidades hasta de 61 km/h.

#### Vías de comunicación

Existen carreteras al este con Santa Marta, Riohacha y Venezuela (troncal del Caribe); con Bucaramanga y Bogotá (troncal Oriental) utilizada desde la población de Ciénaga; al oeste con Cartagena (autopista al mar y carretera de la Cordialidad); y hacia el sur con Sincelejo, Montería y Medellín (carretera Oriental y troncal Occidental). Además es posible la comunicación hacia el interior del país por vía aérea y utilizando el río Magdalena.

La comunicación aérea se hace con el aeropuerto Ernesto Cortizos y con los buques mercantes que hacen uso del puerto marítimo de Barranquilla.

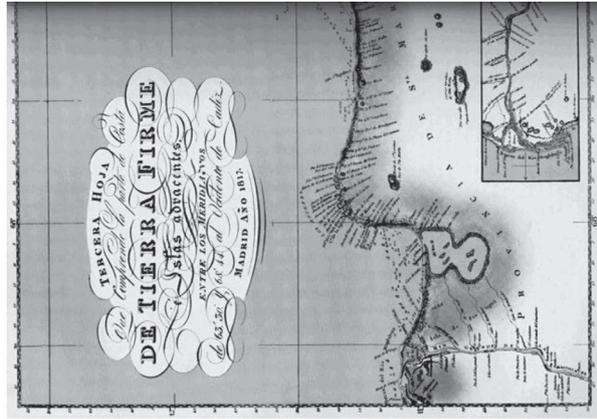
Se espera que en el futuro la ciudad esté conectada por ferrocarril con Cartagena y Santa Marta.

#### Historia del puerto de Barranquilla

Los planos topográficos del último tramo del río Magdalena, de Arévalo y Anoniano (1803), Caldas (1813), Fidalgo (1817), Tono (1817), fragata Fidelidad (1824) y la reconstrucción que hizo el Instituto Colombo-Alemania de Investigaciones Científicas (1900), (en Acevedo, 1997) muestran la desembocadura en dos brazos, separados por la isla de Los Gómez: el río Viejo al este y el brazo principal al oeste, con orientación final hacia el oeste debido a las corrientes marinas y a los vientos alisios dominantes del noreste (figura 2).

Entre mediados y finales del siglo XIX, se había desarrollado el puerto en el mar, primero en Sabanilla y en sucesivos desplazamientos por evolución de la barra que lo abrigaba; se ubicó después en Salgar y finalmente en Puerto Colombia (1889-1903). Debido a las bajas profundidades que presentaban la bahía de Sabanilla y el muelle de Puerto Colombia a finales de ese siglo y comienzos del siglo XX, se inició la construcción de un puerto sobre el río Magdalena frente a Barranquilla (figura 3).

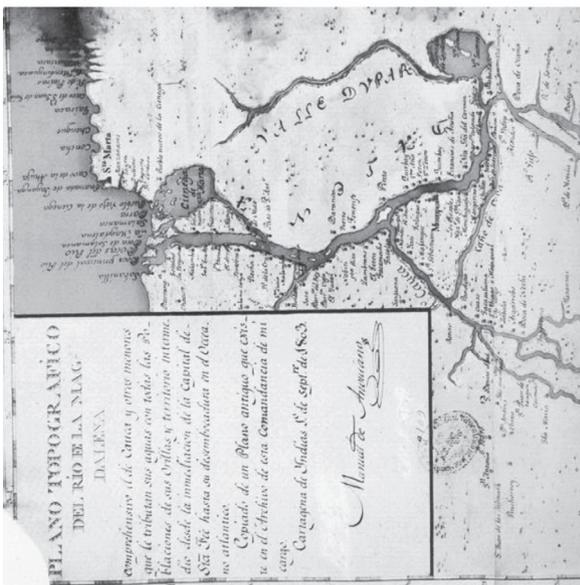
Para hacer posible la navegación marítima por el río Magdalena en Barranquilla, fue necesaria la construcción, entre 1925-1936, de las estructuras de encauzamiento en roca en la desembocadura y el puerto localizado 20 km aguas arriba. Por la margen izquierda, a partir del Campamento de Bocas de Ceniza (K8+800) se llevó hasta la desembocadura el dique Boyacá y el tajamar occidental, incluyendo la construcción de cuatro espolones. Por la margen derecha en la desembocadura se construyó el tajamar oriental de 2200 m de longitud, definiendo entre tajamares una separación de 878 m (figura 4).



Fidalgo 1817

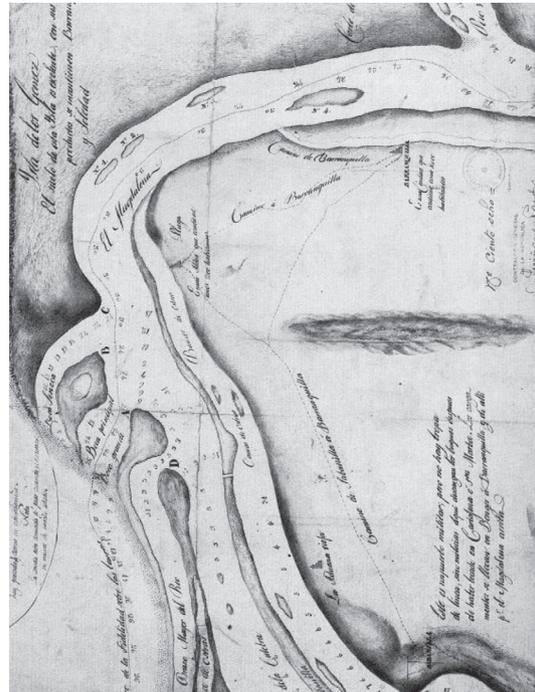


Caldas 1813

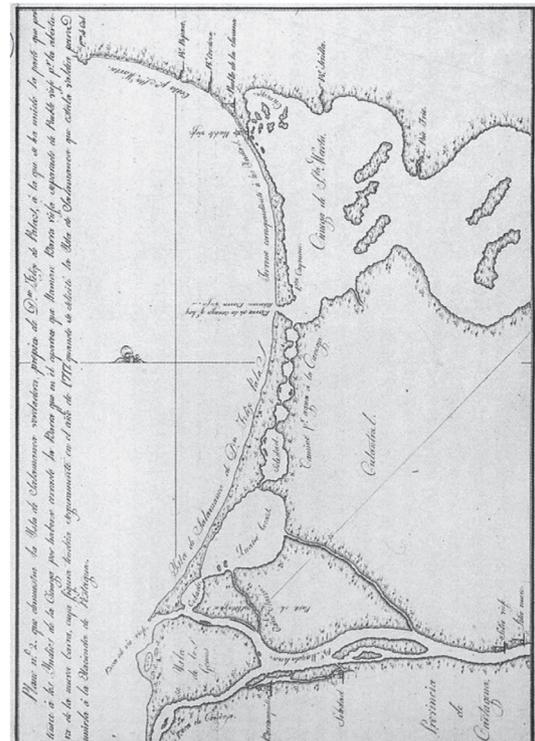


Fuente: Atlas de Mapas Antiguos de Colombia (1997)

1803



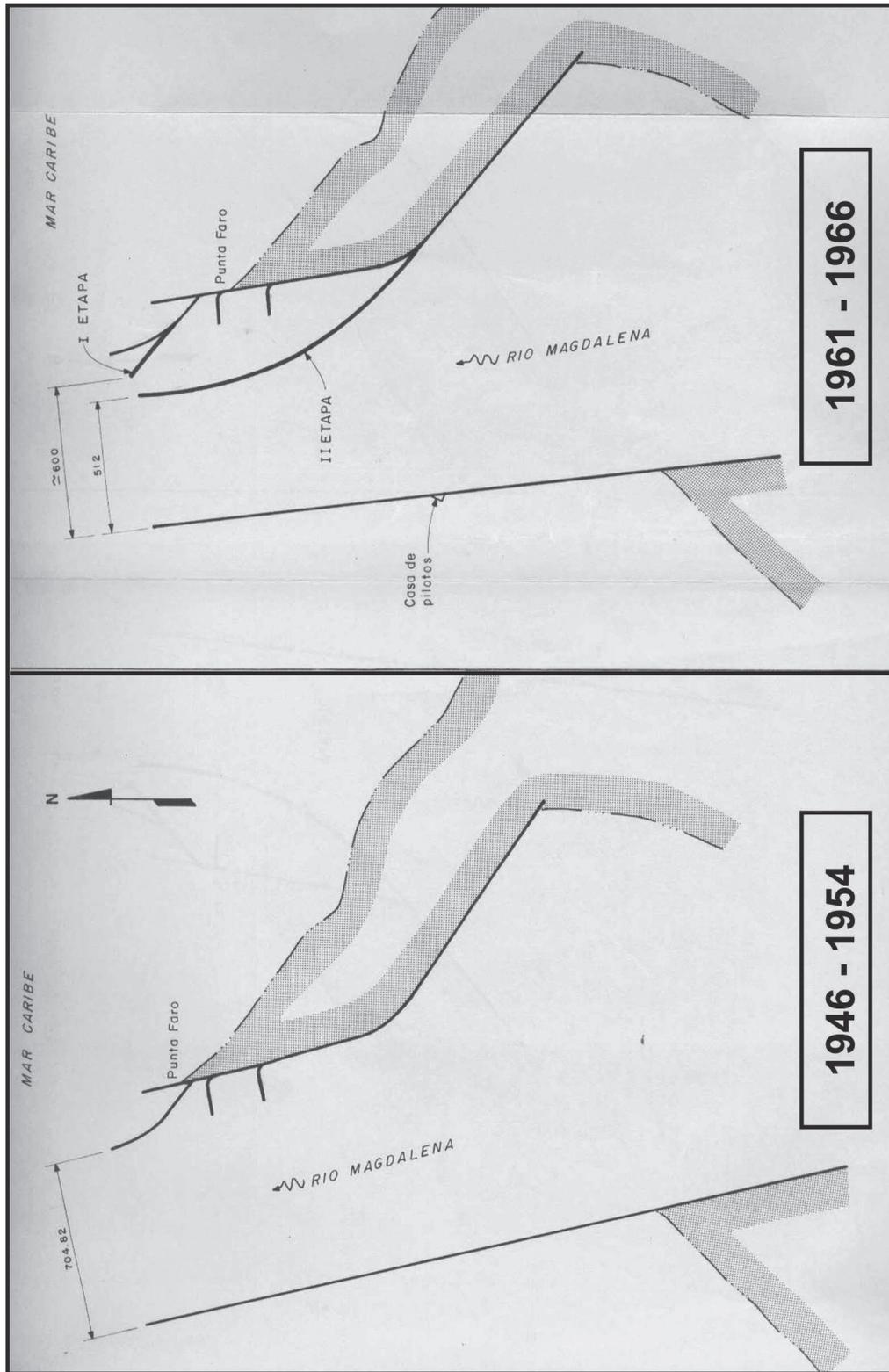
Fragata Fidelidad 1824



Fuente: Caminos Reales de Colombia (1995) y Mapas Antiguos de Colombia IGAC Tono 1817

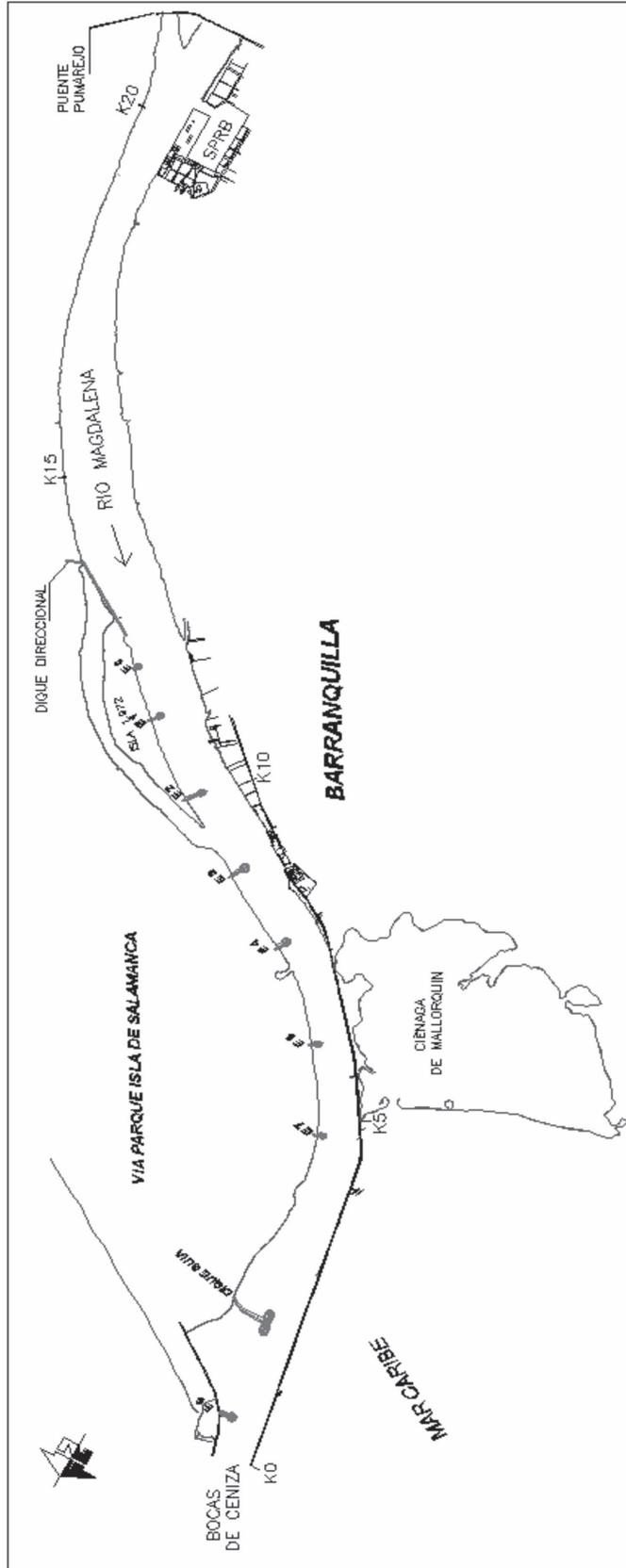
Figura 2. Cartografía antigua del río Magdalena mostrando su evolución para el periodo 1803-1900





Fuente: IDEHA- Universidad del Norte, CORMAGDALENA

Figura 4. Obras de encauzamiento en la desembocadura 1930-1966



Fuente: IDEHA - Universidad del Norte, INVIAS

Figura 5. Dique Direccional (1994) y obras de profundización (2006-2007)

Debido a que la nueva desembocadura quedó, por accidente, localizada frente a un cañón submarino (sistema turbidítico del Magdalena), a partir de ese momento, un gran aporte de las arenas que transporta el río fueron desviadas hacia el cañón, efecto que ha redundado en el déficit de arena para el mantenimiento natural de las playas localizadas entre Barranquilla y Cartagena. Adicionalmente, se ha presentado el retroceso de línea de costa al oeste del tajamar occidental, poniendo al descubierto un tramo de la estructura diseñada como dique, pero que actualmente funciona hidráulicamente como tajamar.

Posteriormente, durante los últimos 70 años, ha sido necesaria la construcción de estructuras en los últimos 14 km para estabilizar y profundizar el canal navegable (figuras 4 y 5).

- 1946-1954. Construcción de estructuras en Bocas de Ceniza para reducir el ancho de la desembocadura a 705 m.
- 1960-1961. Asociada a las anteriores estructuras, se construye una extensión que se llamó Tyler, para reducir el ancho de la desembocadura a 610 m (I etapa).
- 1961-1966. Se construye en Bocas de Ceniza el dique interior de contracción (II etapa).
- 1993-1994. Se construye en el sector Siape (K13 – K14) el dique direccional.
- 2006-2007. Se construyen las obras de profundización del canal navegable a 40 pies.

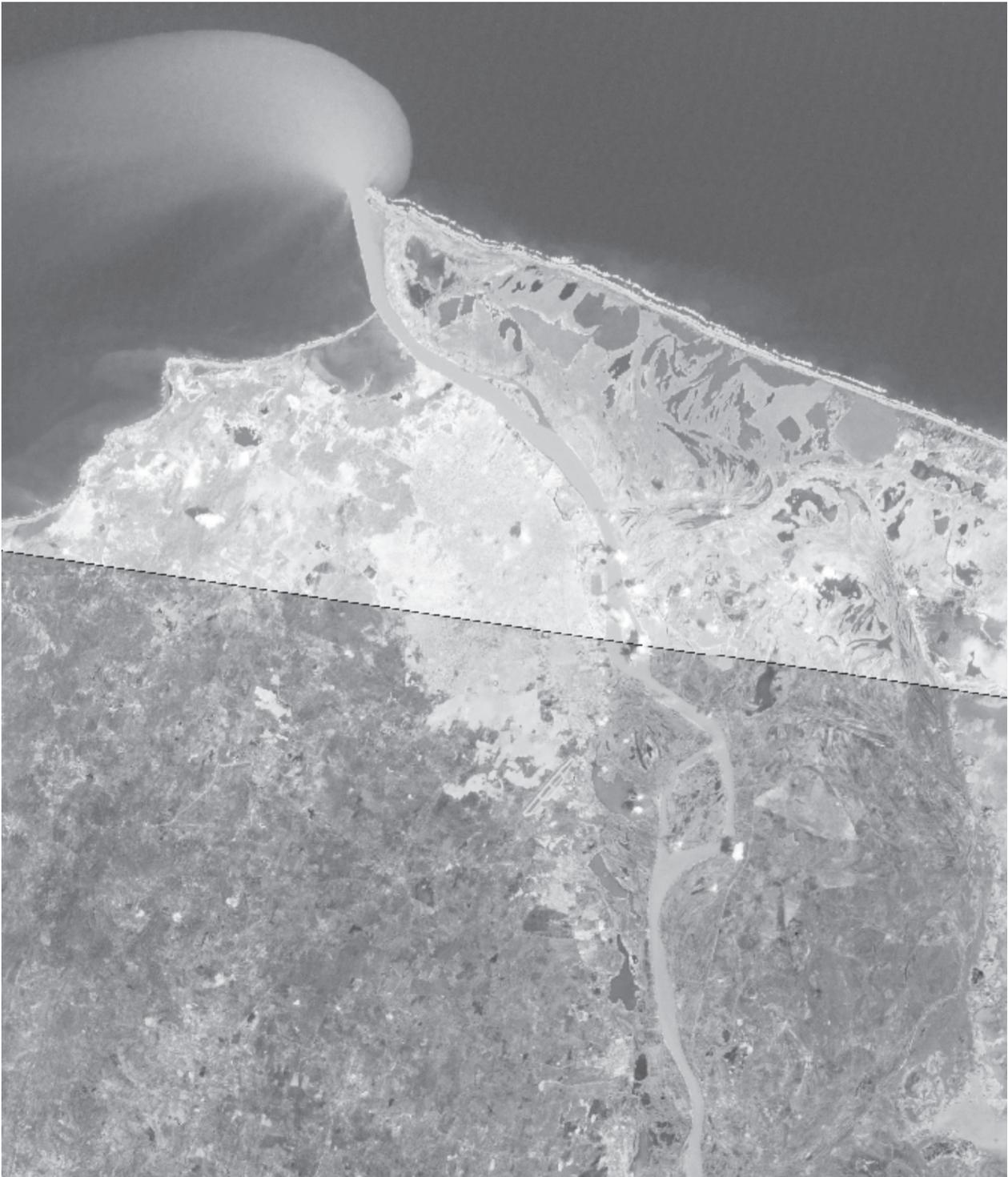
La zona portuaria de Barranquilla tiene 30 km de longitud y está definida por ambas orillas del río Magdalena, entre la desembocadura en Bocas de Ceniza (K0) y el tramo de aguas abajo de la isla Cabica (K30), con la particularidad de encontrarse en el K22 el puente Pumarejo, construido en 1973.

De acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Transporte, durante 2004 se movilizaron en comercio exterior por todas las zonas portuarias del país, cerca de 97 millones de toneladas (53% de carbón). Por las zonas portuarias de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta se movilizó el 51% de la carga y por Buenaventura el 10%. La zona portuaria de Barranquilla contribuyó, en el nivel nacional, con el 5% de la carga (4,8 millones de toneladas).

### Características del río Magdalena en la desembocadura

El río presenta en Barranquilla caudales bajos de enero a marzo, caudales altos de octubre a diciembre y caudales medios el resto del año.

Durante 20 años continuos el Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales–IDEHA de la UniNorte en la operación del Laboratorio de Las Flores para MinTransporte y la Corporación Autónoma Regional del río grande de la Magdalena–Cormagdalena, ha realizado mediciones en el río para complementar las del IDEAM, (LEHLF et al, 2006), lo cual ha permitido definir que los caudales extremos varían entre 1500 y 14 000 m<sup>3</sup>/s, con un medio multianual de 7100 m<sup>3</sup>/s y el transporte total de sedimentos es de 200 millones de ton/año (85% limos-arcillas, 15% arenas). Si se relaciona el transporte de sedimentos con el caudal medio se obtiene un valor de 0,9 kg/m<sup>3</sup>, que ubican al río en el octavo lugar en el mundo (Restrepo, 2005).



Fuente: Imagen satelital Landsat (2004)

Figura 6. Río Magdalena entre la desembocadura (K0) y Sabanagrande K50

En la desembocadura, el mar presenta mareas con amplitud máxima de 0,60 m. También actúa la corriente del Caribe en sentido noreste, durante los primeros meses del año, acompañada de los vientos alisios y la contracorriente de Panamá, paralela a la línea de costa en sentido suroeste, durante septiembre-noviembre. Es poco conocida la dinámica fluvio-marítima donde interviene el río con su caudal y transporte de sedimentos y el mar con sus corrientes, marea, oleaje, densidad, temperatura y el cañón submarino (sistema turbidítico del Magdalena) (Alvarado, 2003; 2007).

## Geología

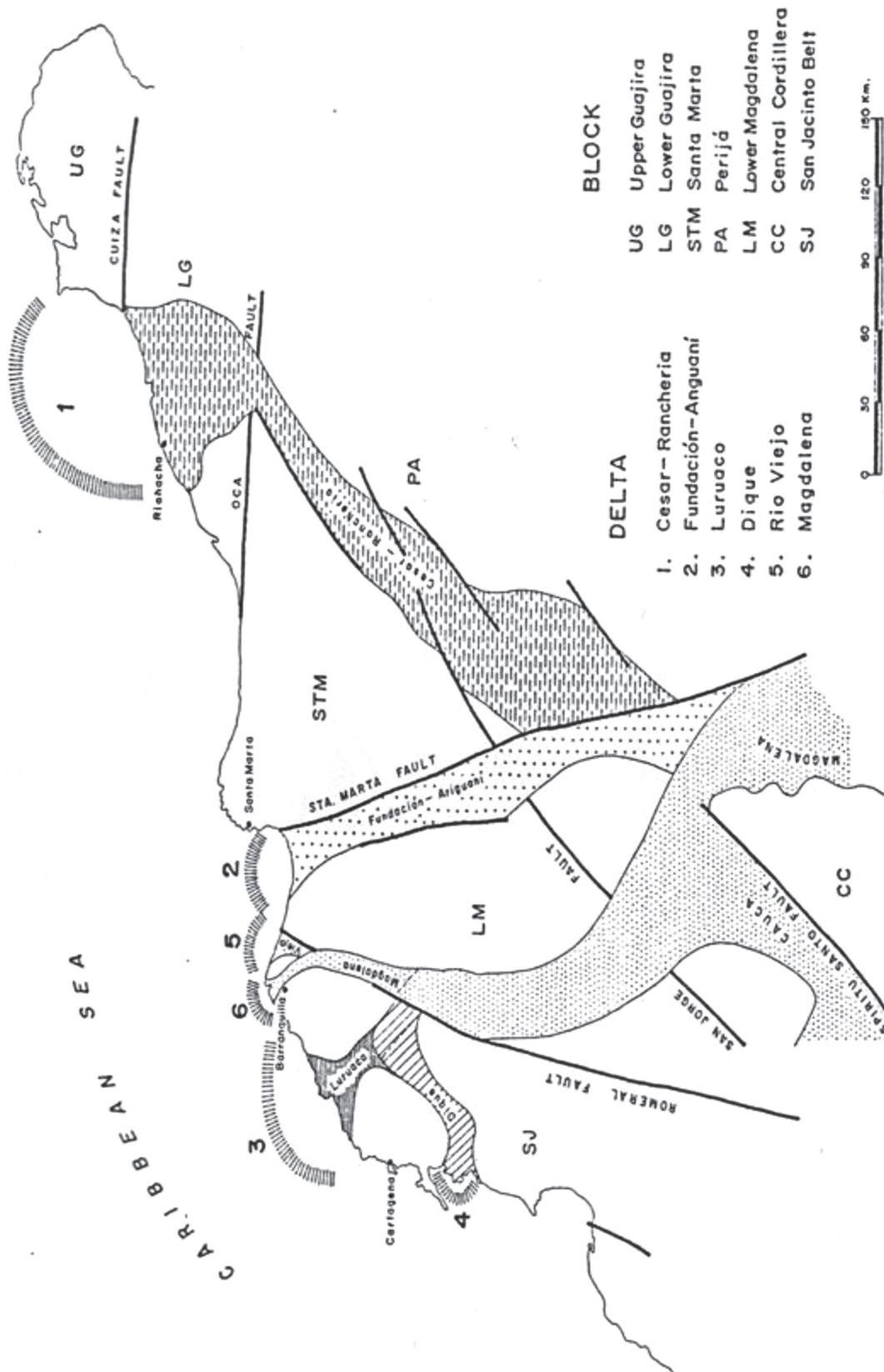
Durante los últimos cinco millones de años el río Magdalena ha presentado entre Riohacha y Cartagena seis desembocaduras en el mar Caribe, indicativas de su evolución. Aunque no estén datados estos cambios, se estima que desde hace unos 700 000 años la desembocadura ha variado entre Cartagena y la hoy ciénaga Grande de Santa Marta (Llinás et al., 1983) (figura 7). Las siguientes son diferentes posiciones que ha tenido la desembocadura del río Magdalena desde el Pleistoceno:

1. Guajira (Riohacha), siguiendo el cauce de los hoy ríos Ranchería y Cesar, incluyendo la mina del Cerrejón.
2. Cienaga, bordeando el flanco oeste de la sierra nevada de Santa Marta; como remanente está la ciénaga Grande de Santa Marta.
3. Galerazamba, donde han quedado como remanente las ciénagas del Totumo, Tosagua, Luruaco y el embalse del Guajaro.
4. Bahía de Barbacoas (Cartagena), el espacio lo ocupa hoy el canal del dique.
5. Barranquilla (río Viejo).
6. Barranquilla (donde se fijó con las obras de encauzamiento de Bocas de Ceniza).

Barranquilla, entre el puente Pumarejo y la desembocadura del río Magdalena en Bocas de Ceniza, se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias del Terciario en un 17% y depósitos inconsolidados del Cuaternario en la margen derecha un 83% (Vargas, 2005)(Molina et al., 1996) (figura 8).

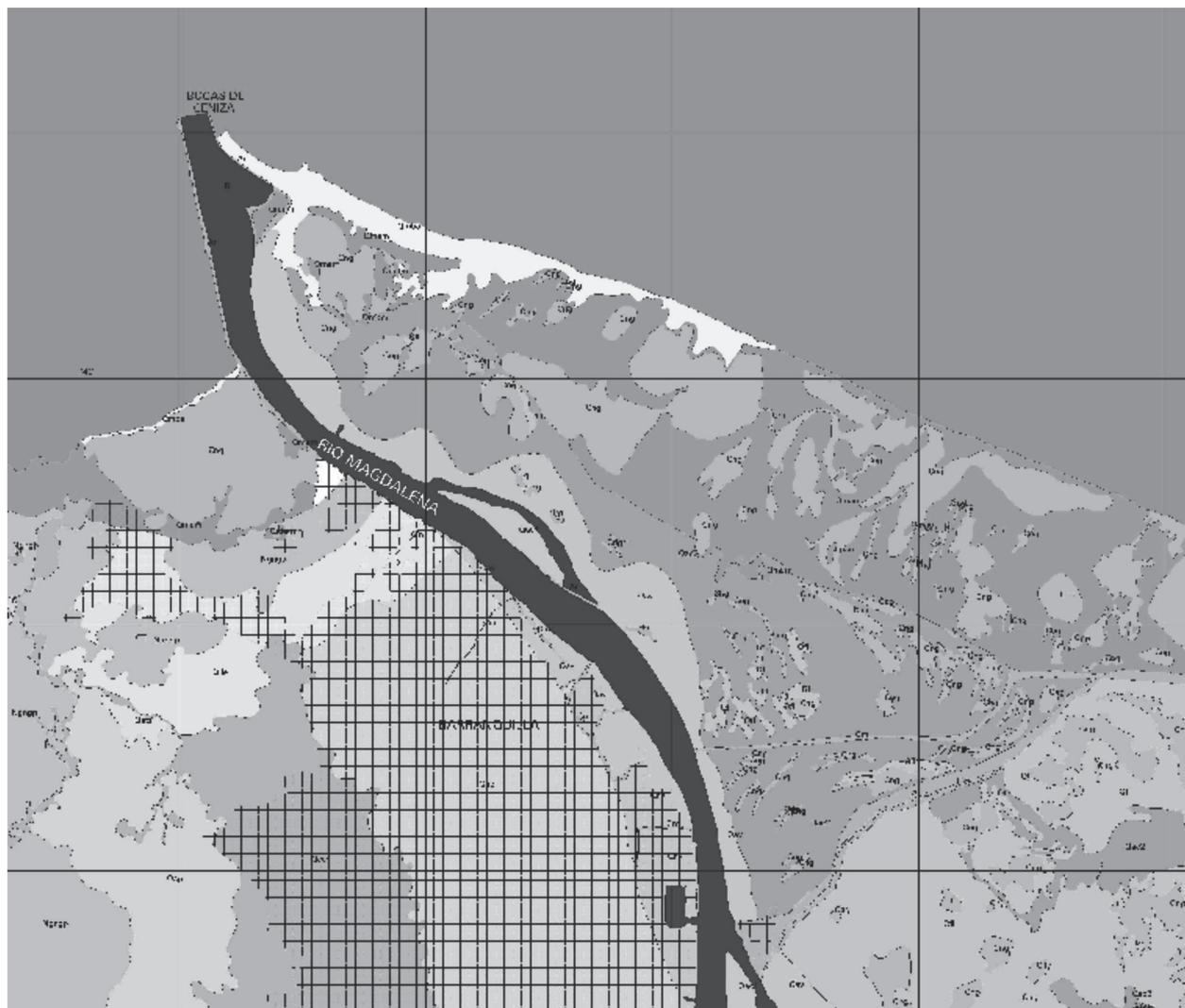
Las unidades estratigráficas comprenden la Formación Popa (Pleistoceno), compuesta por rocas calcáreo-arenosas que conforman la leve elevación sobre la cual está fundada gran parte de la ciudad de Barranquilla. Este depósito tiene un buzamiento de 4 grados hacia el este y ha sido ubicado con detalle bajo el cauce del río para la fundación de estructuras hidráulicas, puertos y el puente Pumarejo. La formación es un acuífero de 80 km<sup>2</sup> bajo la ciudad, con un espesor medio de 100 m, que se recarga con agua lluvia principalmente proveniente de las colinas de Tubara. Por el origen marino de la formación, las aguas son mineralizadas.

La Formación Perdices (Terciario) se encuentra bajo la Formación Popa y aflora en el flanco oeste de la ciudad. Consta de lodolitas grises, en capas laminares y de consistencia fisible con intercalaciones de areniscas de grano fino en capas delgadas. Estructuralmente, esta formación presenta filos delgados en dirección N45E.



Fuente: Cediel, Barreto, Linas (1983)

Figura 7. Diferentes desembocaduras del río Magdalena desde el Pleistoceno



**DEPOSITOS INCONSOLIDADOS DEL CUATERNARIO**

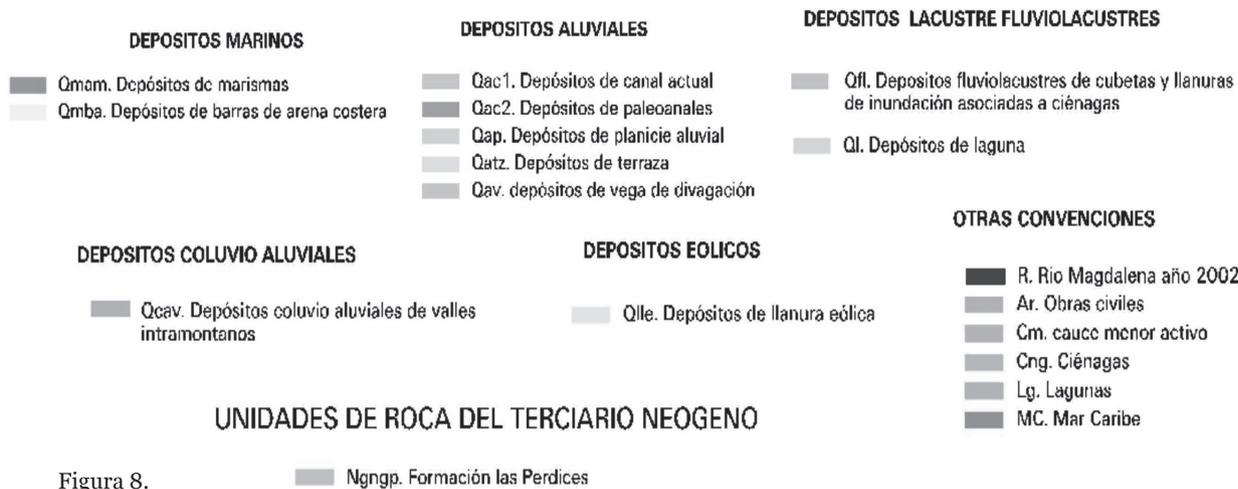


Figura 8. Mapa geológico

Fuente: Informe Germán Vargas (2005)

Los depósitos inconsolidados del Cuaternario son de origen aluvial, fluvio lacustre, lacustres, marinos y eólicos (figura 8).

Sobre la plataforma marina frente a la desembocadura del río tiene presencia el cañón submarino (sistema turbidítico del Magdalena), que termina en la llanura abisal Colombia (entre Haití-República Dominicana y Colombia). Adicionalmente se encuentran diapiros en gran número y tamaño, los cuales son el fenómeno geológico característico que cambian la topografía de la llanura abisal. El origen de los diapiros se debe a esfuerzos verticales que causa el peso de los materiales clásticos (de mayor densidad) sobre los lodos silíceos (de menor densidad). Este fenómeno es el único factor tectónico que actualmente puede estar generando el levantamiento del último tramo del río Magdalena y que lo bascula hacia el oeste del depósito aluvial (Duque, 1984).

### Geomorfología

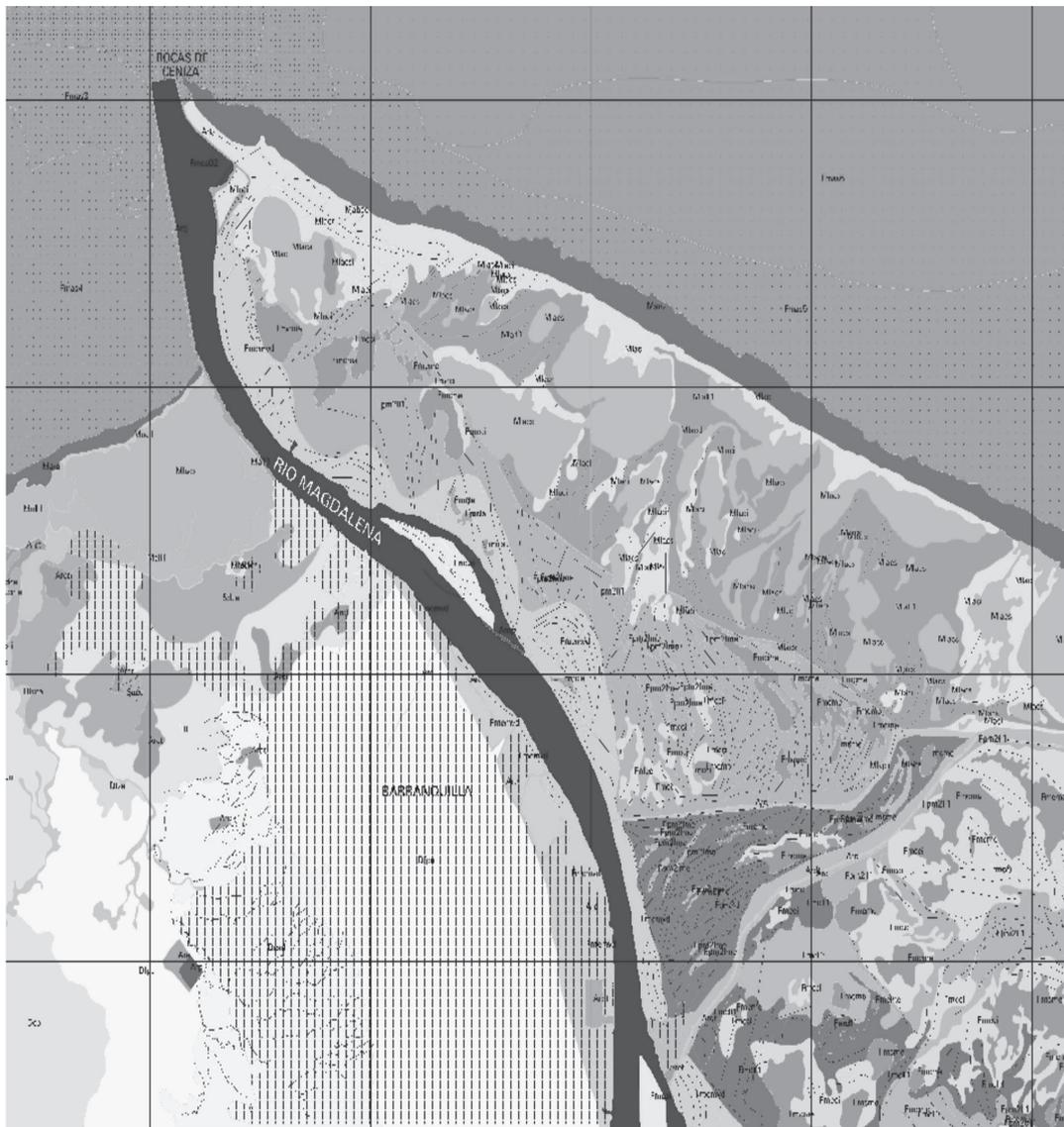
El último tramo del río Magdalena, frente a Barranquilla, pertenece al delta del río en su margen derecha. En la margen izquierda se presenta una zona colinada que corresponde a las estribaciones de la serranía de San Jacinto (figura 9).

El actual complejo deltaico es el resultado final de la colmatación progresiva de la depresión estructural de la ciénaga Grande de Santa Marta. Este proceso comprendió la construcción de un delta en tres etapas: un primer delta denominado paleodelta de Salamina, un segundo paleodelta de avance denominado de Sitionuevo y el delta actual que marca el arribo del río Magdalena al litoral actual (Vargas, 2005) (figura 9).

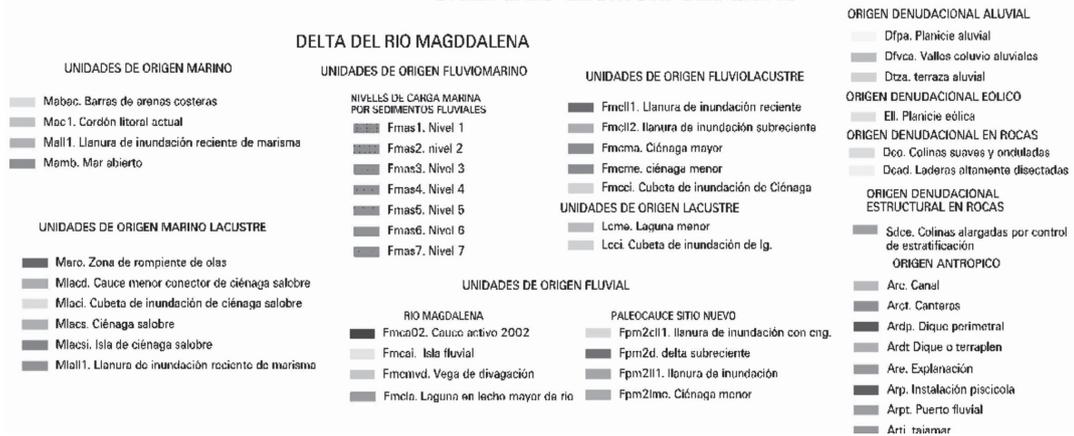
El relleno de la depresión se produjo durante el Holoceno superior, aproximadamente durante los últimos 3000 años, comenzando con un nivel del mar 2,5 m más alto que el actual, el cual desciende a la vez que el río avanza hacia el mar y rellena la ciénaga con sedimentos. En la actualidad, la extensión del delta del río es limitado por la presencia de la plataforma continental con un cañón submarino y la exposición directa al fuerte oleaje. Desde hace 80 años, con la construcción de las obras de encauzamiento de la desembocadura, se ha modificado sustancialmente la dinámica litoral. Las unidades de subpaisaje asociadas al delta del río son: cauce mayor del río, complejo de ciénagas, paleocauce de Sitionuevo y la llanura fluvio-marítima del parque isla de Salamanca.

### Dinámica fluvial, 1923 a 2006

Los ríos presentan permanentes cambios laterales en función de su evolución natural o por las respuestas a los cambios que les impone el hombre. Estas condiciones están asociadas principalmente con los caudales, transporte de sedimentos y la resistencia de orillas. Con base en el registro de orillas disponible entre 1923 y 2006, se puede deducir cómo ha sido el comportamiento en los últimos 44 km del río, en dos tramos, sobre los cuales se definirá el futuro desarrollo portuario de la ciudad: desembocadura (Ko)-puente Pumarejo (K22), donde se ha presentado la construcción permanente de estructuras de encauzamiento desde 1930 y entre el puente - Sabanagrande (K44) (figuras 10 y 11).

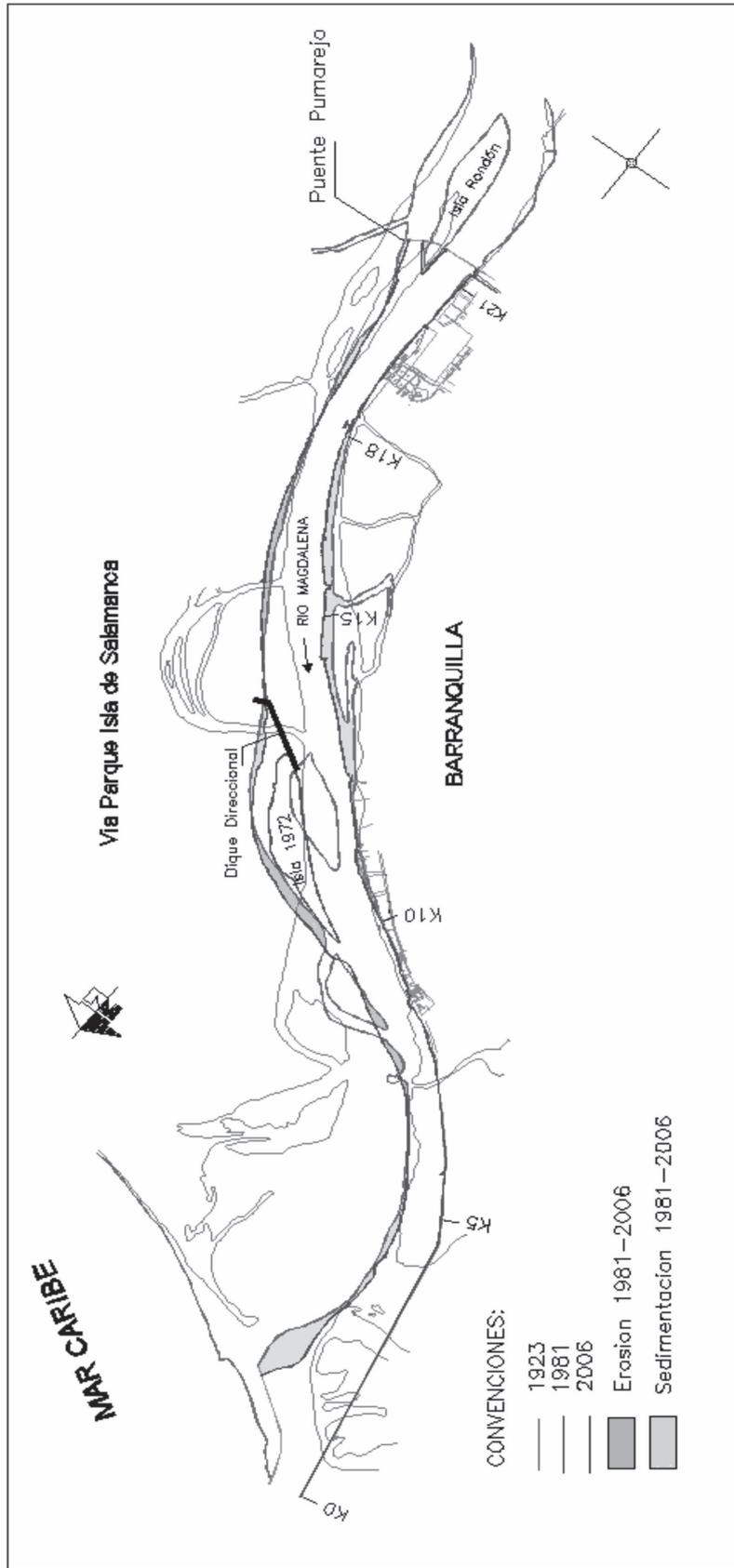


UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS



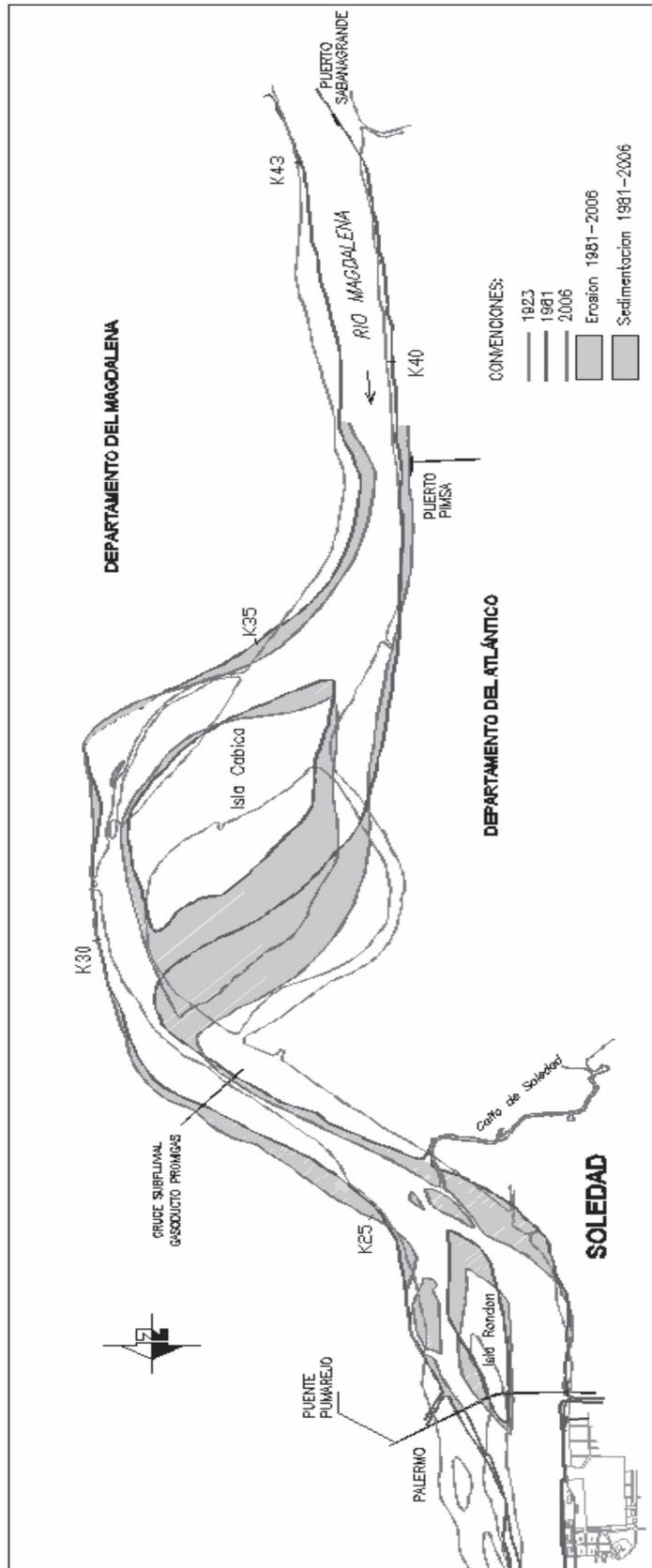
Fuente: Informe Germán Vargas (2005)

Figura 9. Unidades geomorfológicas – Paleocauce de Sitionuevo



Fuente: IDEHA- Universidad del Norte, CORMAGDALENA

Figura 10. Variación de orillas Desembocadura (K0)-puente Pumarejo (K21) durante 1923-2006



Fuente: IDEHA- Universidad del Norte, CORMAGDALENA (2007)

Figura 11. Variación de orillas puente Pumarejo (K21)–Sabanagrande (K44) durante 1923-2006

## Riesgos y amenazas

La costa Caribe colombiana no es ajena a eventos naturales como el paso de huracanes y tsunamis y el eventual ascenso del nivel del mar, por efecto del cambio climático. Lo que es claro es que el país no está preparado para la ocurrencia de estos eventos (Alvarado, 2006).

Eventual ascenso del nivel del mar. Se han realizado dos estudios, el del IDEAM en el 2002, que hizo parte del proyecto financiado por el Global Environmental Facility (GEF)–United Nations Development Program (UNDP), realizado con el objetivo de entender y obtener una perspectiva amplia y detallada del impacto del cambio climático en ecosistemas nacionales especiales y en asentamientos humanos costeros. Posteriormente, el del Ministerio del Medio Ambiente en el 2003, con el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras–Invemar, sobre la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe, Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. Las conclusiones sugieren el eventual ascenso del nivel del mar en las costas colombianas de un metro en los próximos cien años, por lo que recomienda se inicien las evaluaciones correspondientes en los municipios seleccionados como críticos (Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Buenaventura, Tumaco y San Andrés), y además se evalúen los cambios que pueden presentarse en los límites internacionales, por la desaparición de islas y cayos.

En 2004-2005 se realizó un proyecto (Alvarado et al., 2005) para evaluar los efectos por el eventual ascenso del nivel del mar sobre la carretera Ciénaga-Barranquilla, tomando como sitio piloto el tramo: peaje de Tasajera-Puente La Barra. Con base en mediciones de campo y uso de modelos matemáticos, se concluyó que con un ascenso del nivel medio del mar de 20 centímetros, producto del ascenso en 20 años, se verán afectadas las poblaciones por inundación y la carretera por erosión causada por las olas.

Tsunamis. En las vecinas islas de Martinica y Santo Thomas, en el mar Caribe, se encuentran zonas volcánicas. De ocurrir allí una erupción de gran magnitud, se generaría un oleaje de gran altura y alta velocidad, que se desplazaría hacia el oeste, y puede llegar a la desembocadura del río Magdalena, dos horas después de formado. Por ello, se hace indispensable mejorar la información sobre el conocimiento de la composición geológica de estas islas, del lecho del mar, sobre las amenazas y riesgos relacionados con la tectónica y volcanes y su efecto sobre nuestras costas. Sobre estos eventos en el Caribe existen registros históricos del Servicio Meteorológico de las Antillas Holandesas (Aruba, Bonaire, Curazao) que los confirman.

Huracanes. El origen de los huracanes se encuentra generalmente al este de las costas colombianas y todos los años su ocurrencia puede presentarse de julio a noviembre. Normalmente la zona más afectada es la de La Guajira, mientras que la sierra nevada de Santa Marta ofrece una protección muy importante; pero se han sentido los efectos por lluvias continuas y erosión sobre las costas por efecto de los oleajes. No se descarta la posibilidad de que puedan presentarse huracanes sobre la zona de Barranquilla. Ya se registró

el paso del huracán Lenny en noviembre de 1999, con sentido oeste-este, que afectó notoriamente los tajamares de Bocas de Ceniza.

El IDEHA, con recursos propios de la Universidad del Norte, realizó durante 2006 un estudio sobre la línea de costa del departamento del Atlántico, para valorar el efecto de los oleajes generados por los huracanes que se desplazan mar afuera.

### Lluvias (arroyos)

Por estar fundada la mayor parte de la ciudad sobre rocas calcáreo-arenosas que buzan hacia el este y por las características torrenciales y de corta duración de las lluvias, desde 1930 se vienen buscando soluciones al problema, pero los altos costos de las obras y la rápida urbanización de la ciudad han dificultado la solución de ingeniería para controlar las aguas de escorrentía.

En la red de drenaje hacia el río Magdalena se presenta la interrupción del tráfico vehicular, porque las aguas torrenciales que corren sobre las vías lo impiden. Existen unos 25 arroyos en la ciudad. El de mayor caudal es el de Rebolo con 150 m<sup>3</sup>/s y el de mayor velocidad es el Siape con 6,5 m/s. Durante el año se presentan de 3 a 5 veces la presencia de arroyos, algunas veces con pérdida de vidas humanas, generalmente por imprudencias, y daños materiales en vías y viviendas.

### Deslizamientos

Según el Código Colombiano de Sismo-Resistencia NSR-98, Barranquilla está catalogada como área de baja sismicidad.

La mayor parte de las laderas al noroeste de la ciudad, que hacen parte de la formación Perdices, está compuesta por arcillas de origen marino muy sensitivas, las cuales pierden resistencia al ser alteradas por los procesos de urbanización y/o por procesos de humedecimiento y secado.

El riesgo está asociado con el deterioro y colapso probable de obras de infraestructura y viviendas y la posibilidad de pérdidas humanas si ocurren procesos rápidos de deterioro y colapso. Los estudios realizados desde hace varios años, pero especialmente el realizado durante 2006 en el barrio Campoalegre, han permitido detectar esta problemática. Por recomendaciones de Ingeominas (1998, 2006), este sector de alto riesgo al deslizamiento, no debe destinarse a vivienda. Por esta situación, en este momento existe un conflicto en el sector entre urbanizadores, propietarios y la Alcaldía Distrital

### Aspectos socioeconómicos

El departamento del Atlántico tiene un área de 3388 km<sup>2</sup>, que corresponde al 0,3% del territorio continental nacional. Según el Anuario Estadístico Departamental, 2002, Barranquilla ocupa un área de 155 km<sup>2</sup> que representa el 4,7% del departamento.

### Población

Según el DANE (2005), el departamento del Atlántico tiene 2 112 001 habitantes, y Barranquilla con su área metropolitana (Malambo, Soledad, Puerto

Colombia y Galapa) tiene 1 694 879 habitantes, que corresponden al 80% de la población del departamento. De estos, el 47,5% son hombres y el 52,5% son mujeres. Estas cifras ubican a la ciudad como la más poblada de la región Caribe y la cuarta a nivel nacional (tabla 1).

Tabla 1. Población de Barranquilla y su área metropolitana

POBLACION	Malambo	Pto. Colombia	Galapa	Soledad	Barranquilla
Habitantes	99 055	26 951		456 000	1 112 197
Hab/hogar	4,57	4,23		4,45	4,29

Sobre el total nacional, la participación de la población de Barranquilla con su área metropolitana se ha mantenido alrededor del 4% del país (censos 1985, 1993, 2005). El crecimiento de la población se viene dando en el área metropolitana (Calvo & Meisel, 1999).

#### Educación

De acuerdo con lo señalado por el DANE (2005), el 66,5% de la población de 3 a 5 años asiste a un establecimiento educativo formal; así como el 89,2% de la población de 6 a 10 años y el 83,7% de la población de 11 a 17 años. Así mismo, el 27,5% de la población residente en Barranquilla, ha alcanzado el nivel básica primaria y el 35,7% secundaria; el 12,8% el nivel profesional y el 1,4% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo representa el 6,2%. En cuanto al alfabetismo, el 94,1% de los habitantes de 5 años y más de Barranquilla saben leer y escribir.

Según el Ministerio de Educación Nacional (2005), la cobertura en educación básica y media en Barranquilla, al igual que en el departamento del Atlántico, es del 76%, mientras que el promedio nacional es del 82%. En educación superior, para el año 2005 el Atlántico contaba con 28 instituciones de educación superior, incluyendo universidades e instituciones de formación técnica y tecnológica, en las que se reparte el total de matrículas con un 29% de matrícula oficial y 71% de matrículas privadas.

#### Servicios públicos

Según el DANE (2005), para Barranquilla, sin el área metropolitana, se estableció que el 98,8% de las viviendas cuentan que el servicio de energía eléctrica, el 93,3% con alcantarillado, el 96,5% con acueducto, el 89,3% con gas natural y el 53,5% con el servicio de telefonía.

Se destaca el proyecto de saneamiento de los caños de Barranquilla que realiza la Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo–Triple A, consistente en la intervención de las aguas servidas que llegan a los caños provenientes del sector sureste de la ciudad. Con la construcción de una planta en el sector de Barranquillita y de un emisario de aguas servidas en el río Magdalena, se iniciará el proceso.

Actualmente los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo los presta la Triple A. El servicio telefónico lo presta Telecom y Metrotel. El servicio de energía eléctrica lo presta Electricaribe y el servicio de gas lo presta Gases del Caribe.

#### Estructura económica

De acuerdo con el DANE (2005), el 12% de los establecimientos en Barranquilla se dedica a la industria, el 45,2% al comercio, 41,3% a servicios y el 1,4% a otra actividad. Los sectores que mayor concentran empleo en la ciudad son el comercio, restaurantes, hoteles y servicios comunales, con una proporción mayor al nacional. La industria manufacturera tiene una proporción menor a la nacional. En la ciudad se ha dado una desindustrialización del aparato productivo, la cual ha estado acompañada de un aumento del sector servicio que demanda mano de obra no calificada (Bonet, 2005).

Las empresas más importantes de Barranquilla son: Cementos Argos, Monómeros Colombo Venezolanos, Gases del Caribe, Cervecería Águila y Acesco. Se destaca la concentración de pequeñas empresas en la Zona Franca de Barranquilla y en el Parque Industrial Malambo. Las otras empresas pequeñas se especializan en la elaboración de productos farmacéuticos, industriales, químicos, grasas vegetales y aceites, calzado, bebidas, jabones, ladrillos, prendas de vestir y embarcaciones.

#### Conclusiones y recomendaciones

A Barranquilla le espera un promisorio futuro industrial y portuario, por su relación directa con el río Magdalena y por la disposición de espacio para la ubicación de nuevas zonas industriales y portuarias, complementado con el proceso que se lleva para mejorar la infraestructura para tener mejores servicios de agua, luz, comunicaciones, gas industrial (Alcaldía Mayor de Barranquilla, 2000).

Entre los proyectos de inversión más importantes se encuentran la construcción del puerto de Aguas Profundas de Barranquilla, localizado al oeste del tajar occidental en Bocas de Ceniza. Este proyecto se desarrollará por etapas, previendo para 2010 la exportación de 8,5 millones de toneladas de carbón provenientes de las minas del Cesar y hacia el año 2025 la exportación de 14 millones de toneladas. Las inversiones durante la primera etapa alcanzarán los 169 millones de dólares.

- Barranquilla, la principal ciudad de Colombia en la costa Caribe, ha dependido históricamente de su ubicación con respecto al río Magdalena y al mar Caribe y en función de ellos y de su lejanía de los principales centros de producción nacional, su desarrollo económico ha sido oscilante. Por la globalización y su estratégica ubicación le espera un promisorio futuro industrial y portuario.
- Como una estrategia nacional para hacer competitiva la industria ubicada en el interior del país, internacionalmente, se deben mejorar de manera considerable las vías de comunicación hacia los puertos del Caribe, proceso en el cual debe incluirse la reactivación de la navegación por el río Magdalena.

- La ciudad está sometida a riesgos por la lluvia y su efecto sobre las calles, por la calidad del suelo de fundación al noroeste y por la acción del mar.
- Por las características torrenciales y de corta duración de las lluvias, desde hace varios años se vienen buscando soluciones al problema de los arroyos corriendo por las calles de la ciudad, pero los altos costos de las obras y la rápida urbanización de la ciudad han dificultado, con el paso del tiempo, la solución de ingeniería.
- La mayor parte de las laderas al noroeste de la ciudad, donde se han construido viviendas y vías, no son aptas para la fundación de estructuras. Corresponden a arcillas de origen marino muy sensitivas que pierden resistencia al ser alteradas por los procesos de urbanización y/o por procesos de humedecimiento y secado.
- Se tiene conocimiento del comportamiento del río Magdalena en su último tramo, pero se tiene poca información de la zona costera para valorar los riesgos por efectos del eventual ascenso del nivel del mar y el paso de los huracanes y tsunamis, y por tanto la ciudad no está preparada para su ocurrencia.

Barranquilla es una isla. La ocurrencia de eventos desastrosos en otros sitios como las inundaciones en Holanda e Inglaterra en 1953, los monzones frecuentes en Bangladesh, el tsunami de Asia en 2004 y el paso del huracán Katrina sobre Nueva Orleans en 2005 merecen la atención de las autoridades locales y nacionales para que apoyen la ejecución de estudios e investigaciones que permitan tener el conocimiento necesario de nuestra zona costera y pongan especial atención sobre esta región para que se pueda proteger. A su vez, ésta es una oportunidad para que las universidades de la región propongan estudios e investigaciones que brinden soluciones para la población. No podemos esperar que ocurran estos eventos para pensar en las soluciones. Paralelamente al conocimiento de la naturaleza y las evaluaciones para definir las protecciones más convenientes, se deben iniciar con toda la población procesos preventivos de educación ciudadana sobre los desastres que pueden afectar la ciudad.

Ante eventos como un huracán y en caso de que, como medida preventiva, se requiera evacuar Barranquilla, no existe un sitio seguro próximo a la ciudad para hacerlo. Esta actividad solamente se podrá realizar parcialmente, porque se carece de los medios para una movilización masiva por el río y solamente se cuenta con la carretera Oriental hacia el sur, porque seguramente no se podrán utilizar las carreteras a Cartagena y Santa Marta. No obstante esta posibilidad, son vías de bajas especificaciones. Una sugerencia no muy lejos de la realidad consiste en adecuar las viviendas existentes y que las nuevas que se construyan tengan las especificaciones requeridas, así como también, que se construyan albergues (pueden funcionar en otras épocas como áreas deportivas y/o culturales), y que se mejoren y construyan nuevas vías para una eventual evacuación. Aunque no parezca, Barranquilla es una isla.

## Agradecimientos

A los estudiantes de la Universidad del Norte: Angelit Navas Basanta de Ingeniería Civil y Juan Manuel Alvarado Nivía de Economía, por su apoyo en la recolección de información.

A los ingenieros Luis Aycardi y Carlos Juliao, de la Triple A, por su información relacionada con los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. Al profesor de historia de la Universidad del Norte, Jorge Villalón, por su soporte en los aspectos históricos. Al ingeniero Juan Caicedo de la Universidad del Norte, por su apoyo en el tema de riesgos por deslizamientos y sobre el agua subterránea. Al economista José Luis Ramos de la Universidad del Norte, por su apoyo en los aspectos socioeconómicos. Al ingeniero eléctrico Frank Ibarra de la Universidad del Norte, por su apoyo en información sobre el servicio de energía eléctrica. Al geólogo Germán Vargas de la Universidad Nacional, por su apoyo en el tema de geología y geomorfología. Finalmente al geólogo Michel Hermelin de la Universidad EAFIT por su invitación a escribir el capítulo y por la revisión y comentarios que hizo al documento.

## Bibliografía

ACEVEDO, E. (1997). (Compilador) *Atlas de mapas antiguos de Colombia siglos XVI a XIX*. Litografía Arco.

Alcaldía Mayor de Barranquilla (2000). Decreto 0154, septiembre. Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla. Departamento Administrativo de Planeación Distrital.

ALVARADO, M. (2003). Hidrodinámica del delta del río Magdalena–Colombia, I Seminario Internacional de Geología Marina y Costera, Santa Marta.

ALVARADO, M. (2006). “Vivimos en una isla”. Artículo de prensa. Publicación digital. Universidad del Norte, Barranquilla.

ALVARADO, M. (2007)(Editor). *Río Magdalena. Navegación fluvial y marítima*. Ediciones UniNorte (en prensa).

BONET, J. (2005). Desindustrialización y terciarización espuria en el departamento del Atlántico 1990-2005.

CALVO, H. & MEISEL, A. (1999) (Editores). *El rezago de la costa caribe colombiana*. Banco de la Republica, Fundesarrollo, Universidad Jorge Tadeo Lozano-Seccional Caribe, Universidad del Norte.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística–DANE (2005). Boletín Censo General 2005. Perfil de Barranquilla – Atlántico.

GRANADOS, J & DÍAZ, J.C. (2006). “Grandes Obras para el Caribe”. En: *Revista Creer en la Costa*, del diario *El Heraldo*. <http://www.elheraldo.com.co/revistas/creerenlacosta/grandesobras1.html>. Fecha de consulta: 26 de octubre del 2006.

DUQUE, H. (1984). “Estilo estructural, diapirismo y episodios de crecimiento del terreno Sinú-San Jacinto en el noroeste de Colombia”. En: *Boletín Geológico INGEOMINAS*, V 27 No 2, p. 1-29.

Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de Las Flores de CORMAGDALENA, Universidad del Norte (2006). Actualización de la caracterización hidráulica, sedimentológica y morfológica del río Magdalena en Barranquilla.

LLINÁS, R., BARRERO, D., CEDIEL F. (1983). 10th Caribbean Geological Conference. Guía de excursión geológica entre Cartagena y la Sierra Nevada de Santa Marta. Informe.

MOLINA, A., BENAVIDES, J., AFANADOR, F., GAMERO, E., OSPINA, H., CIOH, (1996). Caracterización geomorfológica de la franja litoral del departamento del Atlántico.

Ministerio de Transporte, Gobernación del Atlántico, Asoportuaria, Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de las Flores de Cormagdalena, Universidad del Norte, Haskoning BV (1999) (Revisión del diseño, 2003). Diseños de las obras de profundización del canal navegable de acceso al puerto de Barranquilla.

Ministerio del Transporte (2005). Anuario estadístico.

RESTREPO A, J. D. (2005) (Editor). *Los sedimentos del río Magdalena: reflejo de la crisis ambiental*. Medellín, Fondo Editorial Universidad EAFIT.

VARGAS, G. (2005). Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de las Flores de Cormagdalena, Universidad del Norte. Geología, geomorfología, zonificación de la resistencia de los materiales a la erosión fluvial, dinámica fluvial y zonificación de la susceptibilidad a las inundaciones. Sector puente Pumarejo-Bocas de Ceniza. Informe.

VILLALÓN, J. D (2000)(Compilador). Historia de Barranquilla. Ediciones UniNorte.

\_\_\_\_\_ (2006). "Cuatro momentos en la vida del centro histórico de Barranquilla". Barranquilla, Ediciones UniNorte.

# Bucaramanga

Germán A. Reyes Mendoza / Marco I. Álvarez Bastos

El área metropolitana de Bucaramanga está conformada actualmente por la capital del departamento de Santander, como gran centro urbano o núcleo principal, y las poblaciones contiguas de Girón, Floridablanca y Piedecuesta, conforme a las Ordenanzas 020 de 1981 y 048 de 1984. Su crecimiento ha sido tal que hoy día ocupa el quinto lugar en las urbes más importantes del país. Bucaramanga, según una de las versiones, deriva de la palabra “búcar”, que significa señor, y “amanga”, que quiere decir habitación o ható.

Bucaramanga ha recibido los nombres de “ciudad de los parques”, “ciudad bonita” y la “ciudad de la alegría”, también el de “la más cordial de Colombia”.

## Entorno biofísico

### Localización

Bucaramanga está localizada sobre una meseta a 980 metros sobre el nivel del mar–msnm, hundida respecto al relieve circundante y con vista en planta triangular (figura 1), enclavada en las estribaciones occidentales de la cordillera Oriental de Colombia. Está delimitada al oriente por las estribaciones del macizo de Santander, que superan 2600 msnm; al sur por el valle del río Frío, el área urbana de Floridablanca y la mesa de Ruitoque; al occidente el río de Oro, la mesa de Lebrija, en cuyo borde se ubica el aeropuerto de Palonegro, y Girón al suroccidente; al norte discurre el río Suratá, en donde se encuentran las cotas topográficas urbanas más bajas. La ciudad de Piedecuesta se ubica hacia el sureste, fuera de la figura 1.

La zona céntrica de Bucaramanga se ubica en las coordenadas geográficas 7° 08' de latitud norte y 73° 08' de longitud Oeste. El área metropolitana de Bucaramanga (AMB) posee un área aproximada de 380 km<sup>2</sup>, enmarcada entre las coordenadas planas X = 1.099.000 a 1.110.500 y Y = 1.270.500 a 1.285.000.

### Clima y vegetación

El AMB posee un clima cálido a templado, con una temperatura promedio que varía entre los 23 y 25° C. Su régimen de precipitación es monomodal. El desplazamiento gradual del sistema de altas presiones hacia el Atlántico norte y la influencia directa en el control del clima por la ZCI genera una franja de alta actividad convectiva, con formación de clusters nubosos, que traen consigo la temporada lluviosa en la zona de Bucaramanga, de abril a noviembre (Suárez y Suárez, 2006). El periodo lluvioso en Colombia finaliza en noviembre con el retiro progresivo de la ZCI al sur, fuera del territorio colombiano, y el aumento de la influencia del anticiclón del Atlántico, lo que da origen al periodo seco. Durante los meses de diciembre, enero y febrero se presenta el periodo de verano, debido a que en el hemisferio norte la zona de confluencia de los alisios aparece sobre la depresión ecuatorial y las regiones de máxima cobertura de nubes, precipitaciones y convergencia de masa son casi coincidentes.

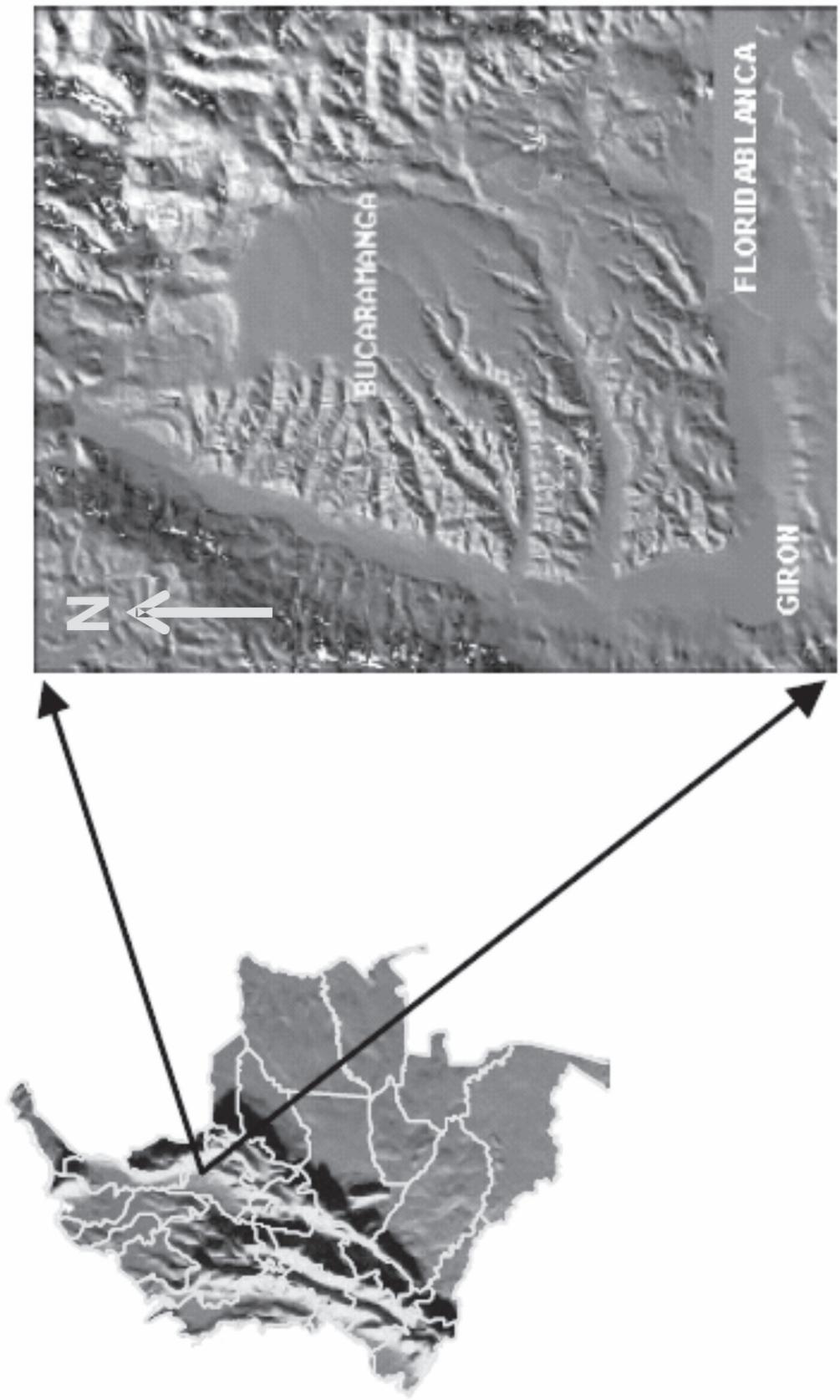


Figura 1. Ubicación de Bucaramanga y su área metropolitana, conformada también por Girón, Floridablanca y Piedecuesta, al sureste del cuadro (Adaptado de: García et al., 2002)

En general, la pluviosidad varía entre (1000-2000 mm/año). Bucaramanga y sus alrededores poseen hoy día una red hidroclimatológica bastante amplia y consolidada.

Según Holdridge el área urbana de Bucaramanga se localiza dentro de las zonas de vida bosque seco tropical (bs-T), evidente hacia la escarpa occidental, y bosque húmedo subtropical (bh-sT), dentro del oriente urbano (figura 2).

Las zonas vegetadas urbanas, fuertemente antropizadas y predominantemente secundarias, se distribuyen principalmente en la escarpa occidental, asociadas a las fuentes hídricas, sobre los numerosos taludes manejados geotécnicamente, en los tradicionales y numerosos parques de la ciudad, el jardín botánico de Floridablanca y en los nuevos ecosistemas urbanos, los parques del Agua y de la Flora. Otras unidades de cobertura están localizadas en las zonas de mesas del sur, occidente y sobre el amplio flanco cordillerano (al este de Bucaramanga), en donde pueden encontrarse pisos térmicos desde templado a páramo y zonas de vida menos intervenidas, con bosques desde húmedo premontano hasta muy húmedo premontano.

## Geología

En inmediaciones del AMB se exponen rocas de distinto origen y depósitos sedimentarios muy variados, con edades que van desde hace más de 600 millones de años hasta el presente. Las unidades litoestratigráficas más antiguas pertenecen al Neis de Bucaramanga (p**ε**b) de edad Precámbrico, de origen ígneo-metamórfico, conformado por neises, esquistos, granulitas, migmatitas y pequeños intrusivos de composición granitoide o granitos extravasados (Reyes, 1995). Esta unidad, junto con stocks de composición ácida de edad Jurásico y Triásico, aflora en el bloque oriental del AMB conformando un gran volumen rocoso cristalino conocido con el nombre de macizo de Santander, cuyo borde está marcado estructuralmente con dirección noroeste-sureste por el Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta, SFBS (adaptado de Ingeominas, 2001).

Metamorfitas de la Formación Silgará (pDs), del Paleozoico inferior, conforman franjas pequeñas al oriente y suroriente de Piedecuesta y nororiente de Bucaramanga, asociadas al SFBS. En el extremo norte del área metropolitana existen también sedimentitas de la Formación Floresta (pDf), con un patrón de afloramiento norte-sur. Al norte de Bucaramanga se explotan rocas calcáreas de las Formaciones Diamante (PCd) y Tiburón (TRPt), de edad Carbonífero y Pérmico, respectivamente, materia prima para la industria cementera. Otras rocas sedimentarias de edad Triásico, presentes también en este sector, pertenecen a la Formación Bocas (TRb).

En el perímetro del AMB se distribuyen rocas sedimentarias clásticas, de edad Jurásico, pertenecientes a las formaciones Jordán (Jj) y Girón (Jg). Esta última ha sido levantada y expuesta en los bordes de las mesas de Lebrija, Ruitoque y los Santos y conforma, predominantemente, el sustrato de los depósitos sedimentarios en el nivel metropolitano, tal como se describe más adelante. Litoarenitas de la Formación Tambor (Kita), que marcan el inicio de la transgresión marina del Cretáceo, se encuentran al sur del AMB, coronando las mesas de Ruitoque y Los Santos, a 1200 y 1600 msnm, respectivamente.



Figura 2. POT para la distribución de la vegetación

Estas formaciones superficiales son las más importantes, ya que cubren más del 60% del área y sobre ellas están fundadas las ciudades de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta. Los depósitos cuaternarios están formados por gravas heterométricas en una matriz areno-arcillosa, mezclados en proporciones variables, cuya área fuente ha sido el macizo de Santander. Entre estas acumulaciones sedimentarias se destaca el gran abanico de Bucaramanga (Qb), compuesto por materiales no consolidados y en niveles de distinta granulometría, cuya propuesta de subdivisión estratigráfica inicial (Vargas y Niño, 1992) fue de cinco miembros y actualmente ha sido redefinida en los siguientes cuatro miembros (Ingeominas, 2001; Rubiano et al., 2002; Castro, 2005), de base a techo: Órganos (Qbo), con espesores variables entre 50 y 200 m; Finos (Qbf), hasta 15 m de espesor; Gravoso (Qbg), 4 a 15 m; y Limos Rojos (Qblr), de 2 a 5 m de espesor. El abanico de Bucaramanga, cuya edad varía entre 730 000 y 1 millón de años, fue originado por el paleocauce del río Suratá, en una cuenca cerrada con el ápice apuntando hacia Morrónico.

Existen también depósitos aluviales (Qal, Qal1 y Qal2), distribuidos en los valles de los principales ríos, en los que se localiza parte de la población de Girón. Localmente se presentan depósitos de vertiente, la mayoría de pequeña extensión, acumulados en las zonas de bordes o laderas (Ql) de abanico. Dentro de los depósitos más importantes asociados a remociones en masa está el deslizamiento del escarpe norte de Bucaramanga (Qd) y los flujos de escombros y detritos (Qfe) sobre los cuales se ubican las cabeceras municipales de Floridablanca y Piedecuesta. Por último están las zonas de llenos mecánicos (Qllm) y sanitarios (Qlls), correspondiendo a este último el relleno de basuras del Carrasco.

### Sismotectónica

Santander es representativo de la zona de confluencia de las placas Caribe y Suramericana, conocida como bloque Andes del Norte o bloque Norandino según varios autores (Kellogg, 1984; Case et al., 1984; Kellogg et al., 1985; James, 1985; Boinet, 1985; en Royero y Clavijo, 2001). De acuerdo con el mapa de terrenos geológicos de Colombia (Etayo et al., 1983; en Royero y Clavijo, 2001) el AMB forma parte del “supraterreno Cretácico de la Cordillera Oriental”, y según el esquema tectónico de Clavijo et al. (1993; en Royero y Clavijo, 2001) pertenece a la provincia de la cordillera Oriental. Más al occidente se encuentra la cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena, depresión asimétrica o semigraben, con capas buzando hacia el oeste y un complicado margen compresional hacia la cordillera Oriental (Reyes y Ramírez, 1996).

A escala subregional el área metropolitana de Bucaramanga se enmarca dentro de tres bloques tectónicos definidos por los sistemas de fallas de Bucaramanga (SFB) y del río Suárez (FRSU); sus movimientos han generado una depresión tectónica cuyo relleno por materiales de origen aluvial y aluvio-torrencial sigue ocurriendo, entre los cuales sobresale el abanico de Bucaramanga. El bloque occidental está conformado por rocas sedimentarias de edad jurásica, con los mayores patrones de afloramiento en la región, que constituyen la mesa de Lebrija con alturas por encima de los 1000 msnm; el bloque central, sobre el cual está Bucaramanga, se relaciona con el abanico; el bloque oriental está constituido por rocas ígneo-metamórficas, con edades que van desde el Precámbrico hasta el Paleozoico, pertenecientes al macizo de Santander, con alturas hasta de 3700 msnm.

El SFB es el rasgo estructural regional de mayor extensión y más evidente. Tiene una dirección aproximada de N20°W y se considera como un sistema de fallas de rumbo (Campbell, 1965; León, 1991; Vargas y Niño, 1992; Clavijo et al., 1993; Clavijo, 1994: en Royero y Clavijo, 2001), con movimiento sinistral, total entre 100 y 110 km. Posee una componente vertical importante (Julivert, 1958 y 1961; Ward et al., 1973; París y Sarria, 1988: en Royero, 1994), que la hace comportarse en algunos sectores como inversa y en su extremo meridional aún de cabalgamiento (Boinet, 1985; Ulloa, 1990: en Royero y Clavijo, 2001). En cuanto a edad se considera posterior al Neis de Bucaramanga. Boinet et al. (1989; en Royero y Clavijo, 2001) menciona que durante el Cretácico inferior hasta el Paleoceno no hubo actividad tectónica en la falla. Estos autores señalan además que su mayor actividad estuvo en el desplazamiento de rumbo sinistral, el cual ocurrió a partir del Mioceno superior, simultáneamente con la Orogenia Andina. El SFB presenta una velocidad de desplazamiento de unos 10 mm/año.

Por otra parte el sistema FRSU se extiende por una longitud de unos 170 km desde Barbosa, al sur, hasta el SFB, 5 km al norte de la capital santandereana. Su trazo tiene una dirección N20°E y N25°E, con inclinación al occidente y sigue el curso de los ríos Suárez y de Oro. Es una falla inversa de ángulo alto, con una componente vertical importante. París y Sarria (1988; en Royero y Clavijo, 2001) calculan la tasa de movimiento como baja (0.01 a 0.1 mm/año); además, se trata de una falla de rumbo con desplazamiento sinistral. El desplazamiento vertical se ha calculado entre 400 y 2300 m (Ward et al., 1973; en Royero y Clavijo, 2001). La Falla del Suárez, al occidente del área urbana de Girón, afecta capas de la formación del mismo nombre, las cuales se pliegan por arrastre, alcanzando posiciones verticales y en algunos casos ocurren invertidas (Olarte y Pineda, 1991).

La alta actividad sísmica en el departamento de Santander, en términos generales, es superficial a intermedia. La región nororiental se ve especialmente influenciada por la presencia de los sistemas de fallas geológicas de Bucaramanga, Suárez y Suratá, y más al occidente por el sistema de fallas de la Salina, límite oriental del valle del Magdalena.

Otra sismofuente importante, no sólo regional sino nacional, corresponde al Nido Sísmico de Bucaramanga (NSB), el cual representa el 60% de la sismicidad local reportada por la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), como se indica en la figura 3. Se ubica a 40 kilómetros al sureste de Bucaramanga, debajo de los municipios de los Santos, Cepitá, Aratoca y Jordán, de alta actividad que fue detectada inicialmente, al parecer, por Tryggvason y Lawson (1969: en Gómez, 1980), Santo (1969: en Toboada et al., 2000) y posteriormente evaluada con microtemblores por Pennington (1979: en Gómez, 1980) y mediante inversión de tensores por Rivera (1989). Su sismicidad es intermedia, debido a que los focos están localizados a profundidades mayores a 120 km, típicamente entre 150 y 160 km, concentrada en un volumen no mayor a 10 km<sup>3</sup> (Gómez, 1980), cuya población de temblores le da un carácter de “nido sísmico”, bajo la latitud 6.8° N y 73.1°, con un azimut cerrado este-oeste y plunjes ligeros hacia el este (Toboada et al., 2000), como se señala en la figura 3.

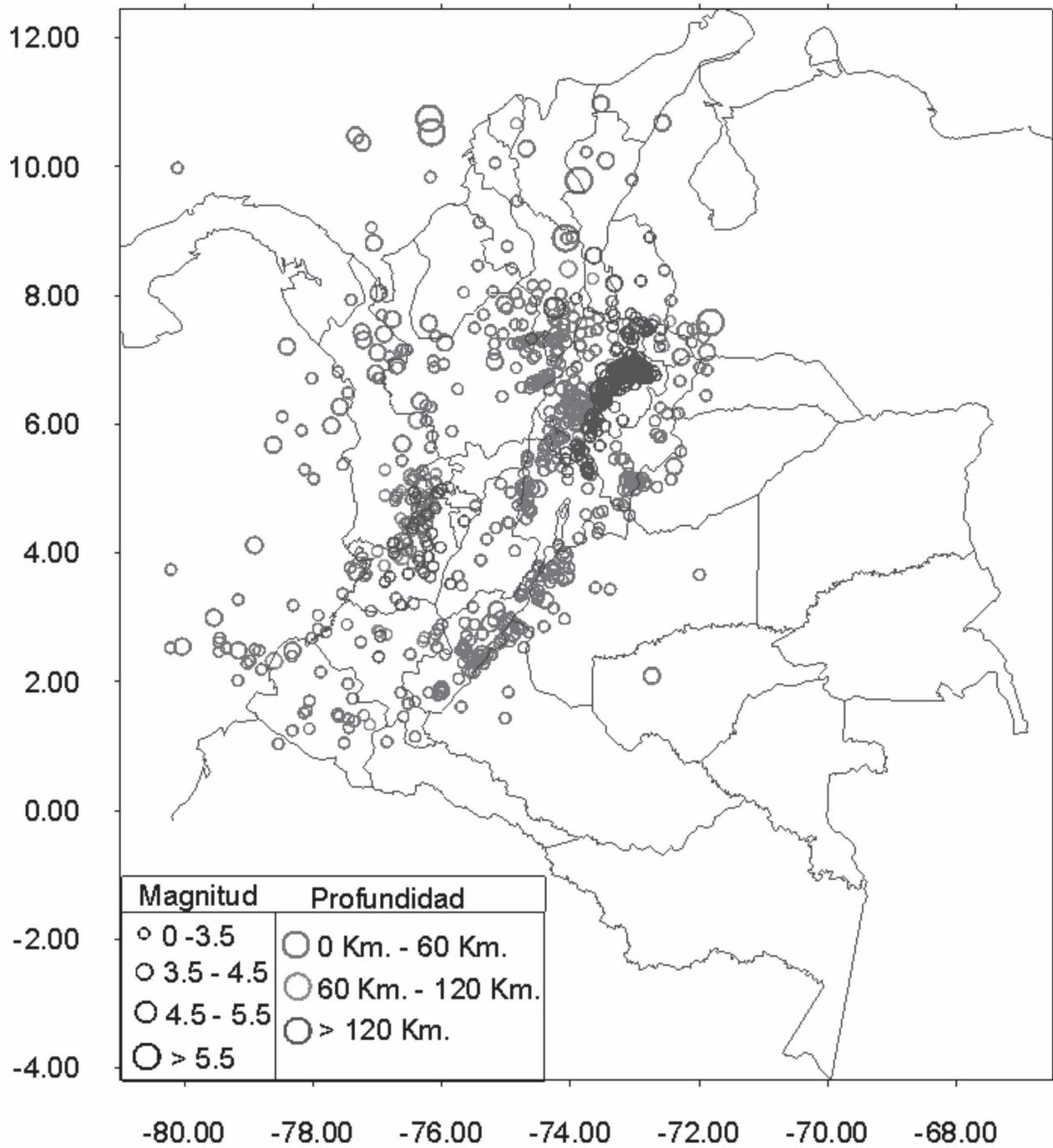


Figura 3. Mapa de sismicidad, por magnitud y profundidad, según la RSNC  
(Tomado de: [www.ingeoimas.com.co](http://www.ingeoimas.com.co))

Según Vargas (2004) la sismicidad superficial a intermedia en la latitud 7° N del bloque Andes del Norte presenta una dirección este-oeste, que inicia en la región del Darién y tiende a profundizarse hacia el oriente de Colombia, debajo del macizo de Santander, lo cual define una estructura en donde convergen dos planos, uno de ellos cabalgando sobre el otro. Ello ha sido interpretado inicialmente por Toboada et al. (2000) como un traslapo de la placa Caribe sobre la placa de Nazca; la parte terminal de este patrón lo constituye el NSB (figura 4).

En esta hipótesis el Nido Sísmico de Bucaramanga no es un fenómeno aislado, como fue interpretado en sus albores, sino resultado de la subducción de la placa Caribe debajo de la placa Suramericana (Bloque Andes del Norte), con una tendencia NNW-SSE; es decir, corresponde a una zona de inflexión en la superficie de subducción o “bisagra” en la placa oceánica del Caribe, que más precisamente se ubica al final del segmento de mayor actividad de esta subducción (Toboada et al., 2000; Vargas, 2004). Este rasgo sismotectónico puede correlacionarse en superficie con el cambio brusco en la dirección general de la cordillera oriental de SSW-NNE a NNW-SSE, precisamente en donde comienza tal faja sísmica, y en donde se halla el punto más elevado (pico Ritacuva, 5493 msnm) de la sierra nevada del Cocuy. El tren de actividad sísmica intermedia localizado al norte del NSB continúa en este sentido bajo la serranía de Perijá, lo cual puede interpretarse como resultado de la subducción somera de la placa Caribe bajo el bloque Maracaibo (Malavé y Suárez, 1995; Kellog y Bonini, 1982: en Toboada et al., 2000).

### Geomorfología

La unidad geomorfológica más relevante en el área metropolitana es el abanico de Bucaramanga, que como ya se dijo corresponde a una meseta delimitada tectónicamente, cuya vista en planta tiene forma de triángulo isósceles, apuntando hacia el norte (figura 1).

La zonificación sismogeotécnica indicativa del AMB (Ingeominas, 2001) definió cinco unidades geomorfológicas principales, según su morfogénesis y las morfologías del terreno, agrupadas en formas de origen aluvial, formas de origen denudacional, formas de origen estructural-denudacional y unidades de origen neotectónico. En la figura 5 se muestra el mapa geomorfológico, según la Alcaldía de Bucaramanga (1999).

Debido a su carácter inconsolidado y a acciones antrópicas, el abanico aluvial sigue erosionándose por la escorrentía del sector. Existen amplios valles aluviales, con secciones entre 800 y 1000 m de ancho, como es el caso de los ríos de Oro y Frío. El patrón de drenaje es semidendrítico a dendrítico paralelo y localmente rectilíneo, cuya orientación varía siguiendo las manecillas del reloj, iniciando con dirección sur (sobre el costado oriental más alto del abanico), rotando hacia el suroeste y finalizando con dirección noroeste a norte. Su planicie tiene una pendiente máxima de 3°, inclinada al suroeste y densamente ocupada urbanísticamente, que corresponde a la mitad oriental del abanico; en las zonas de bordes, especialmente las distribuidas al sur y al occidente, se presentan escarpes con alturas variables entre 8 m y 20 m.

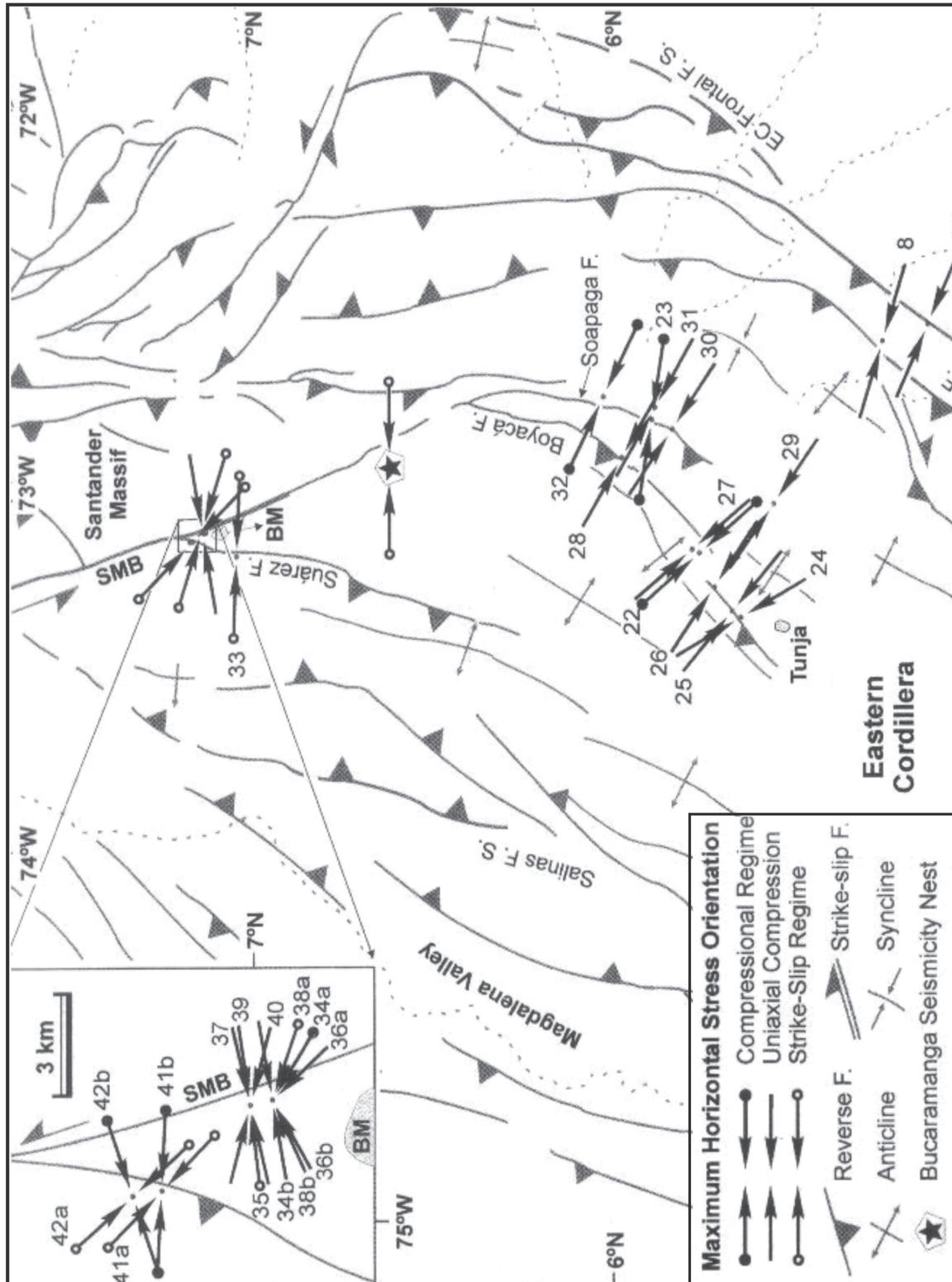


Figura 4. Mapa de esfuerzos neotectónicos en la mitad norte de la cordillera Oriental. Note la ubicación de la ciudad de Bucaramanga (BM), limitada al este por el sistema de fallas de Bucaramanga (SMB), y la del nido sísmico, en el centro a la derecha. Adaptado de: Toboada et al., 2000

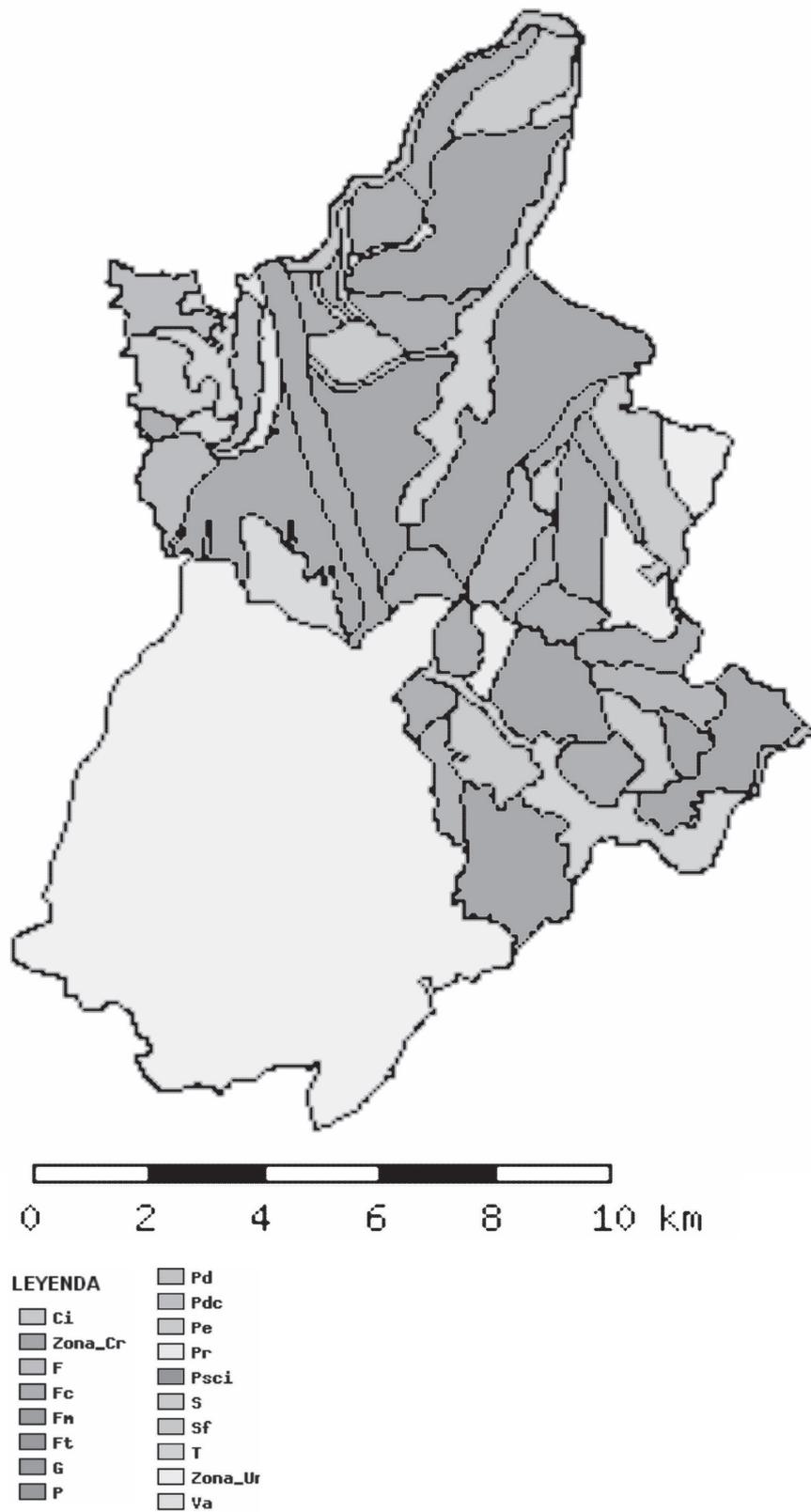


Figura 5. POT para la distribución geomorfológica

En cuanto a la génesis del abanico de Bucaramanga, Vargas y Niño (1992) proponen cinco niveles asociados a un abanico húmedo formado por el paleo-cauce del río Suratá. Carrillo (1996) menciona la evidencia geomorfológica de la depositación de al menos tres grandes abanicos aluviales coalescentes, bien definidos por patrones de drenaje, grados de erosión y desarrollo de suelos, que indican eventos depositacionales del río Suratá.

Dentro del AMB dominan los procesos geomorfológicos degradacionales, favorecidos por factores antrópicos (vertimientos, cortes, terraplenes y movimientos de tierra para obras civiles), sobre los agradacionales (Bueno, 1994; Reyes, 1996). En las zonas de bordes es común observar la erosión hídrica activa que origina surcos, cárcavas, zanjones y hondonadas, junto a las calvas de erosión y tierras malas, a los cuales se asocian múltiples depósitos de talud distribuidos en la base de los escarpes. En ellas también operan procesos de remoción en masa, del tipo desprendimientos, flujos, deslizamientos, etc. Igualmente, ocurren procesos de erosión fluvial intensa, supeditada a los cauces de las quebradas que drenan la meseta de Bucaramanga, especialmente en la escarpa occidental.

Según Cobos (2002), a lo largo de más de 10 kilómetros y en una extensión de más de 2000 hectáreas la escarpa ofrece 120 m de caída. Observada desde el aire la escarpa occidental de la meseta parece una mano extendida, cuyas falanges eran las diferentes cañadas por donde corrían libremente las aguas del alcantarillado, las quebradas naturales y las aguas subterráneas, arrastrando consigo, día a día, cientos de centímetros cúbicos de tierra.

## Hidrología e hidrogeología

Existen dos subcuencas de importancia para la ciudad de Bucaramanga: la del río de Oro y la del río Suratá.

Gómez y Colegial (2006) identifican tres sistemas acuíferos subregionales dentro de Bucaramanga y las estribaciones de la Cordillera Oriental, según las condiciones de permeabilidad dadas por las discontinuidades estructurales y los diversos grados de meteorización, a saber: 1) rocas ígneas fracturadas; 2) rocas ígneas y metamórficas intensamente fracturadas; y 3) formaciones aluviales.

Los dos primeros acuíferos están relacionados con rocas del Neis de Bucaramanga (neises, esquistos, granulitos y migmatitas) y otros granitoides intrusivos o extravasados (granitos y cuarzomonzonitas), con permeabilidades primarias bajas a muy bajas, pero con buena porosidad secundaria; para el segundo acuífero el fracturamiento aumenta dentro de una franja de hasta 3 km de ancho asociada al sistema de fallas de Bucaramanga (SFB) y en las rocas intrusivas la alteración aumenta por procesos químicos como la hidrólisis. El tercer acuífero corresponde al miembro gravoso de la formación Bucaramanga, en el cual se encuentra un nivel freático que puede extenderse por toda la meseta y en algunas ocasiones se le ha llamado Acuífero Superior de la Meseta de Bucaramanga (Ingeniería de Suelos, 1991; en Gómez y Colegial, 2006), en donde se han perforado cisternas y pozos someros que proveen industrias y lavaderos de carros.

En esta propuesta el modelo de recarga y flujo, apoyado en muestreo de isótopos en aguas meteóricas y de las condiciones hidrológicas de la zona, no ocurre asociado a las lluvias en la zona aluvial, de topografía baja y plana, sino a lluvias en la zona montañosa (entre 1800 y 2200 msnm) y a la mezcla de aguas meteóricas que pueden fluir en cortas distancias, alimentando las aguas subterráneas presentes, o viajar largas distancias (mayores a 20 km), recargando también los acuíferos de las zonas aluviales (acuíferos libres, detríticos o del Cuaternario). Estas aguas siguen rutas preferenciales propiciadas por la disposición favorable de los sistemas de fallas y fracturas en rocas ígneas y metamórficas (figura 6).

Para Hoyos (2002) el flujo de aguas subterráneas procedentes del macizo de Santander contribuye con la erosión del escarpe de la terraza de Bucaramanga. El aporte de la infiltración local del acuífero de la terraza de Bucaramanga (o zona aluvial de los anteriores autores) y su incidencia en la erosión del escarpe es mínimo. Ambas afirmaciones han sido verificadas mediante la comparación de registros de precipitación y deslizamientos y la determinación del contenido de isótopos estables de oxígeno e hidrógeno y el análisis de la superficie equipotencial del acuífero en la terraza. Las medidas de control de la erosión propuestas por la firma Hidroestudios Ltda. en 1980, basadas en análisis del origen del agua subterránea, consistieron en un conjunto de drenes horizontales en el escarpe los cuales han funcionado satisfactoriamente hasta hoy (Hoyos, 2002).

### Aspectos socioeconómicos

El desarrollo de Bucaramanga está asociado a la colonización de los Andes colombianos. Sus asentamientos fueron populares debido a su ubicación estratégica, las condiciones climáticas y, especialmente, por el descubrimiento de aluviones auríferos en sus alrededores, lo que le valió uno de sus primeros nombres como “Real de Minas”. Bucaramanga fue congregada, en dominios del cacique Bucarica, como un pueblo indígena dotado de tierras de resguardo el 22 de diciembre de 1622 por el presbítero Miguel Trujillo y por el capitán Andrés Páez de Sotomayor. Desde 1857, cuando fue designada provisionalmente como capital del Estado Federal de Santander, Bucaramanga empezó a crecer y a ganar importancia regional, al punto de sobrepasar a las antiguas capitales provinciales vecinas (Socorro, Pamplona, etc.). En 1910, fue proclamada oficialmente como capital.

### Población

Según el censo del DANE de 2005 el AMB cuenta con una población total de 1 042 379 habitantes, distribuida de la siguiente forma: Bucaramanga 568 136, Floridablanca 253 568, Girón 117 661 y Piedecuesta 103 014.

Según Cobos (2002) la población de Bucaramanga se cuadruplicó entre 1918 y 1951, y continuó creciendo hasta alcanzar los 363 000 habitantes en 1973 y los 740 000 a mediados de la década del 90 del siglo pasado.



**LEYENDA**

 Df	 Pcd
 Jecg	 Pds
 Jec1	 Ped
 Jg	 Qal
 Jgd	 Qr
 Jj	 Trb
 Jrcg	 Trt
 Jrcl	 Geo_Ur

Figura 6. POT para la distribución de la litología

### Economía

Bucaramanga es una ciudad netamente comercial, aunque existen otros renglones representativos tales como la industria del calzado, confecciones, prestación de servicios de salud, finanzas y educación. Un sector significativo lo constituyen la avicultura, pionera en el país, y la agricultura y la ganadería. La panela se procesa artesanalmente en los tradicionales trapiches, algunos de los cuales pertenecen a haciendas que conservan intacta su arquitectura colonial, como puede observarse entre Floridablanca y Piedecuesta.

Otro producto que ha alcanzado gran importancia en la economía del departamento es el tabaco, con gran auge en la época de la Colonia. La elaboración del tabaco desde su inicio con el cultivo, el proceso de secado en el caney, la obra de mano que se realiza de forma artesanal, hasta su terminación para consumo, es el sustento de una gran cantidad de familias. La mora ha adquirido en la actualidad una importancia significativa en la economía regional, cuyo producto presenta una mayor tecnificación y respaldo en cuanto a investigación científica y económica; se cultiva en un variado número de veredas de las estribaciones de la cordillera oriental.

La ciudad se perfila para el siglo XXI como la Tecnópolis de Los Andes. Prueba de ello es el creciente número de centros de investigación tecnológica en diversos tópicos, como la energía, el gas, el petróleo, la corrosión, los asfaltos, el cuero y las herramientas de desarrollo agroindustrial, entre otros (Tomado de: <http://www.bucaramanga.com>, <http://www.piedecuestano.com>, <http://www.risclinicaguane.gov.co>).

### Educación

El área metropolitana de Bucaramanga se caracteriza por tener grandes centros educativos, tanto en educación media y vocacional, como en educación superior; que casi siempre obtienen los mayores puntajes en los exámenes de Estado. Al igual posee la universidad más importante del oriente colombiano y una de las mejores del país, como lo es la Universidad Industrial de Santander (UIS). Entre otras instituciones de educación superior es posible mencionar: Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Universidad Santo Tomás de Aquino (Santoto), Universidad Antonio Nariño (Unariño), Corporación Universitaria ITAE, Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI), Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Cooperativa de Colombia (UCC), Universidad Manuela Beltrán (UMB), Escuela Superior de Administración Pública (ESAP), Universitaria de Santander (UDES) y las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS).

### Zonas marginales

Con el fin de correlacionar las zonas de amenazas naturales y otros aspectos sanitarios se enuncian los asentamientos subnormales de Bucaramanga, según la Alcaldía de Bucaramanga (1999):

- Provenientes de Barrancabermeja y Sabana de Torres. Se ubican en Chimitá en zonas de inundación.

- Provenientes de la Costa. Se ubican en el Pablón, el Mirador, la Granjita, detrás del Club Tiburones y en el Café Madrid. Crean invasiones que imposibilitan al municipio para responder con planes de vivienda.
- Morrórico-zona noroccidental. Asentamientos de Nápoles y Girardot.
- Existen 49 barrios con 4296 viviendas y un total de 28 211 personas en tales categorías, ocupando terrenos sujetos a erosión, deslizamientos, botaderos de basuras, etc.

## Aspectos ambientales y sanitarios

### Abastecimiento de agua

Además de las fuentes de la región de alta montaña, el área metropolitana cuenta con cuencas de abastecimiento tales como la cuenca del río Lebrija, la cual cuenta con caudales mínimos en el mes de abril, y es menos crítico en los meses de septiembre y octubre. En el sistema denominado río Tona, tributario del río Suratá y principal fuente de abastecimiento para el AMB, los caudales mínimos críticos de las quebradas Arnanía y alto Tona suelen ocurrir en el mes de septiembre.

Dentro de las fuentes principales del sistema de acueducto del área metropolitana de Bucaramanga se encuentra el río Frió, río Suratá, quebrada Golondrinas, quebrada Arnanía, quebrada El Carrizal. Otras cuencas que abastecen el AMB son las de: Chitagá, que produce un caudal máximo de 4,52 m<sup>3</sup>/s y un caudal medio de 1,04 m<sup>3</sup>/s; quebrada Piedras Blancas, con un caudal medio de 0,22 m<sup>3</sup>/s; la cuenca del Chicamocha que posee el río Manco, con un caudal máximo de 3,42 m<sup>3</sup>/s, y el río Umpalá, que tiene un caudal máximo de 6,98 m<sup>3</sup>/s y un caudal medio de 2,75 m<sup>3</sup>/s (CDMB, 2006d).

### Materiales de construcción

Calizas. Las explotaciones se realizan a cielo abierto en canteras con alguna mecanización. Entre las principales minas se destacan: Cementos Diamante, que explota calizas de la Formación Diamante.

Arcillas. Existen numerosos chircales o ladrilleras que aprovechan los niveles arcillosos del Abanico de Bucaramanga y de la Formación Girón. Se explotan arcillas a cielo abierto en los municipios de Girón y Piedecuesta. Cerca a Floridablanca se encuentran aproximadamente 11 minas que son explotadas de forma subterránea. El AMB no cuenta con una explotación completamente libre, pues esta actividad se encuentra reglamentada y limitada por el servicio minero dentro del casco urbano.

Agregados pétreos. El AMB se provee de gravas y arenas de los principales ríos y quebradas afluentes como son los ríos Chicamocha, Manco, Tona, Suratá, Frió, Negro y de Oro. Dentro de esta última cuenca se extraen materiales de arrastre en la escarpa occidental de Bucaramanga principalmente de los cauces de las quebradas Cuyamita, Chimitá, La Rosita, El Loro, Seca y La Joya, así como dentro del valle del río de Oro. También se explotan arenas de pequeñas canteras de terrazas aluviales. Hay una amplia industria extractiva informal (de arenas y gravas) dentro de la subcuenca del río Suratá. En sectores aldea-

ños al municipio de Piedecuesta existen explotaciones de materiales pétreos para construcción. Se cuentan aproximadamente 17 minas, con un sistema de explotación a cielo abierto.

#### Amenazas naturales y eventos recientes

Los procesos de erosión hídrica, de remoción en masa y de erosión fluvial intensa se convirtieron en la principal amenaza exógena de la ciudad desde la década de 1950 debido al crecimiento poblacional. “La firma extranjera R. J. Tipton y Asociados, contratada en 1953 por el Gobierno Nacional para indagar las causas de la erosión, determinó que el origen del problema era el alcantarillado insuficiente y antitécnico que tenía la ciudad. Insuficiente porque se había calculado para una población de sólo 65 000 habitantes, y ya sobrepasaba los 100 000, y antitécnico porque tenía mil bocas y todas derramaban las aguas en el borde de la escarpa” (Cobos, 2002).

La inestabilidad de taludes, los sobre costos en el mantenimiento del sistema de alcantarillado de la ciudad (sedimentación) y la socavación de cauces movieron a la creación, en 1965, de la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) con el objeto de ejecutar un plan de acción encaminado a controlar la erosión. Posteriormente, en 1968 la CDMB contrató con la firma Hidroestudios Ltda. la elaboración de un estudio de factibilidad del control de la erosión en la meseta de Bucaramanga, consecuencia del cual se formuló el Plan General para el Control de la Erosión, sintetizado en el ítem 3.4, por lo cual se reconoce a Bucaramanga como la ciudad pionera en el país en el control biotécnico y la estabilización de taludes (Reyes, 1997;y 1998).

En el documento diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bucaramanga (Alcaldía de Bucaramanga, 1999) se analizan sus amenazas naturales tomando una escala de 1 a 5, en donde 1 representa el menor grado de amenaza y 5 el mayor, y se obtuvo lo siguiente: sismos 7/5; deslizamientos 2/5; avalanchas 5/5; inundaciones 5/5; amenazas antrópicas (accidentes vehiculares, terrorismo y desplazamiento) 5/5; y amenazas tecnológicas (químicas, incendios estructurales y daños a redes de distribución) 4/5 (figura 7).

De acuerdo con el “Estudio general de amenaza sísmica de Colombia”, elaborado por el Comité AIS 300 – Amenaza Sísmica y adoptado mediante la Ley 400 de 1997, Bucaramanga y su área metropolitana está localizada dentro de una zona con amenaza sísmica alta. Las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, definen para Bucaramanga, Piedecuesta, Floridablanca y Girón coeficientes Aa y Ad de 0,25g y 0,04g, respectivamente (Comité AIS 300, 1998).

Las principales zonas inundables de Bucaramanga son las riberas, occidental y oriental, del río de Oro, entre la quebrada La Picha y el casco urbano del municipio de Girón; las riberas de la parte baja, norte y sur de la quebrada La Rosita, es decir, entre la afluencia de la quebrada La Joya y su desembocadura en el río de Oro; las riberas de la quebrada La Iglesia, desde la vía a Girón hasta su desembocadura en el río de Oro.

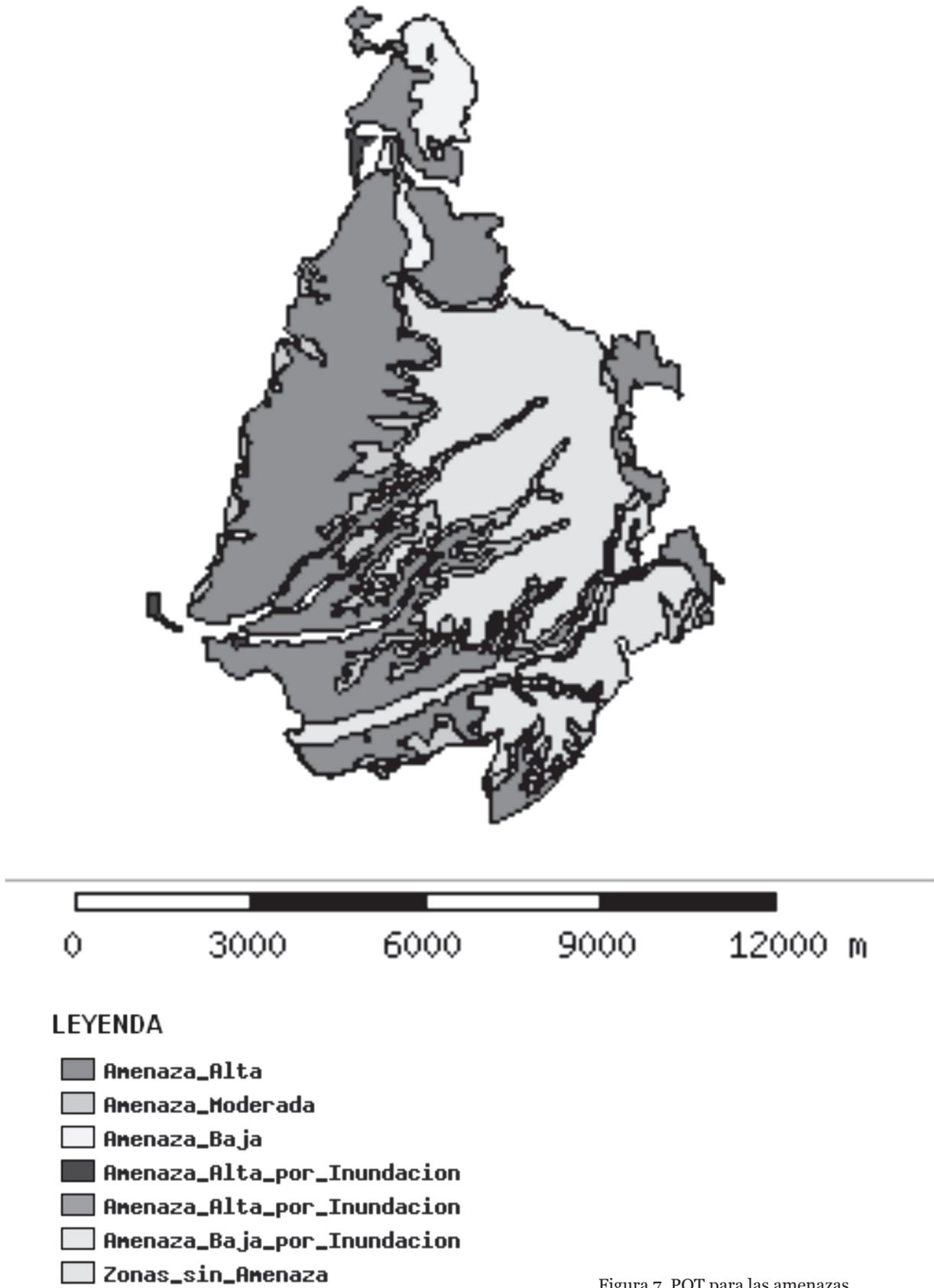


Figura 7. POT para las amenazas

Los procesos geomorfológicos erosivos ya han sido introducidos y su control es analizado más adelante. Los de remoción en masa, en la tipología de deslizamientos, han ocurrido al nororiente de la ciudad (siguiendo la vía hacia Cúcuta) en los asentamientos y barrios Buenos Aires, Miraflores, el Diviso, Vegas de Morrorrico, la Malaña, la parte alta del barrio Albania y la vereda Santa Bárbara. En la escarpa norte se ha presentado en los últimos años un deslizamiento rotacional a semitraslacional, de gran magnitud y velocidad extremadamente lenta, que afecta a los barrios La Esperanza, Lizcano, El Mirador, José María Córdoba, Villa Rosa y Villa Helena. Al oriente urbano en los barrios La Trinidad, Los Guanábanos, Santa Lucía y Miramanga, y en el sector de la quebrada Suratoque y entre los barrios La Cumbre y la Urbanización Bucarica. Otros sectores están sobre la vía que comunica a la urbanización San Bernardo con el barrio El Reposo, en la microcuenca de la quebrada Zapamanga, taludes y laderas que bordean a lagos del Cacique, antiguos Polvorines, y en los afluentes de la quebrada El Dínamo, sur del lago Miramanga.

Los procesos de remoción en masa en la zona de la meseta de Bucaramanga, en forma clara en las escarpas norte y occidental, no tienen su origen en los eventos puntuales de lluvia, sino en la respuesta del agua subterránea a las épocas de alta precipitación o inviernos prolongados (cuatro meses) que constituyen más del 49% de la precipitación anual y tienen períodos de retorno entre 5 y 20 años (Alcaldía de Bucaramanga, 1999). Estudios realizados por Gómez y Vélez (1990) confirman que para el periodo junio a agosto y de diciembre a febrero, existe una relación directa entre precipitaciones y deslizamientos en la terraza de Bucaramanga, ya que al correlacionar lluvias, deslizamientos y niveles piezométricos encontraron que la mayor parte de los eventos de remoción en masa, históricamente registrados, ocurren con los periodos secos en la zona, como el evento de febrero de 2005.

Este evento geohidroclimatológico ocurrió entre el 9 y el 12 de febrero de 2005. Las lluvias precedentes y las precipitaciones máximas de 141.8 mm (registradas entre las 7 p.m. del día 11 de febrero y las 7 a.m del día 12), detonaron múltiples procesos erosivos, deslizamientos y una avenida torrencial que socavó y desbordó el río de Oro, inundando la población de Girón, a numerosos barrios y toda la zona industrial asentados sobre su llanura y un nivel de terraza bajo (figura 8).

Las pérdidas en los cuatro municipios que integran el área metropolitana de Bucaramanga ascendieron a \$109 146 000 000, junto a la destrucción de 5082 viviendas, la avería de otras 1852, y un saldo humano de 39 muertos y 97 heridos (adaptado de Castro, 2005).

### Plan General para el Control de la Erosión

El Plan General para el Control de la Erosión de la actual Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), anteriormente Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga (creada el 2 de octubre de 1965), está compuesto por los siguientes siete programas, conforme lo expresa Cobos (2002):

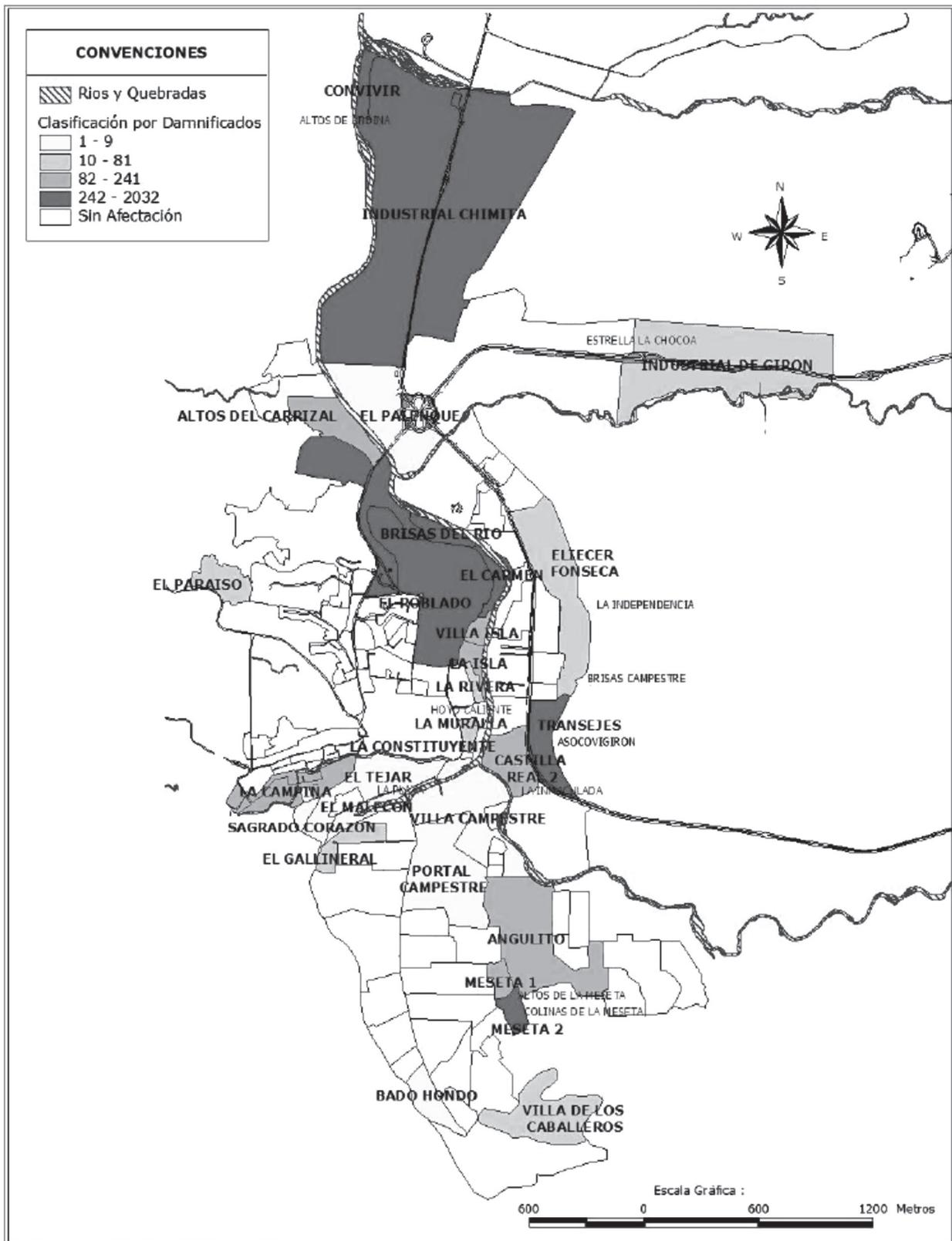


Figura 8 . Barrios de Girón afectados por el desastre de febrero de 2005.  
Tomado de [www.saludsantander.gov.co](http://www.saludsantander.gov.co)

Plan Maestro de Alcantarillado. El Plan Maestro de Alcantarillado tuvo por objeto la racionalización del drenaje de la ciudad mediante la construcción de una red de interceptores que cumplieron dos funciones básicas: habilitar el alcantarillado existente, distribuyendo sus caudales hasta lograr un funcionamiento hidráulico óptimo, y recolectar las aguas residuales y pluviales. El Plan incluyó la construcción de 34 obras que alcanzan una longitud de 41,5 km con diámetros que varían entre 8" y 2,2 m.

Estructuras de vertimiento. En desarrollo del plan se construyeron 24 estructuras de vertimiento, para conducir las aguas del sistema de alcantarillado hasta las cabeceras de las quebradas. Adicionalmente, las estructuras cumplen una función de recuperación de las aguas negras, es decir trabajan como plantas de tratamiento al remover, gracias a la caída del agua y a su retención en los tanques amortiguadores, más del 60% de su carga orgánica. Hoyos (2002) anota que la estructura de vertedero de caída recta constituye la única solución para el adecuado control de cauces con un gran aporte de sedimentos, cualquier tipo de pendiente y en cualquier posición relativa dentro del alineamiento lineal de una quebrada.

Control de cauces. Las aguas depositadas en las cabeceras de las quebradas fueron conducidas hasta el río de Oro, a través de canales abiertos y estructuras escalonadas diseñadas para superar los cambios de nivel e impedir la degradación del fondo de sus cauces. Según Hoyos (2002) las experiencias en Bucaramanga se han realizado para quebradas con caudales de diseño entre 40 y 100 m<sup>3</sup>/s con caudales unitarios entre 4 y 9 m<sup>3</sup>/s/m.

Estabilización de taludes. El escurrimiento superficial del agua y las aguas subterráneas que afloran en la parte erosionada contribuyen considerablemente a la inestabilidad de los taludes, y es más crítica en las cabeceras de las quebradas. La solución implementada controla las aguas subterráneas por medio de tuberías y filtros de drenaje, y excavaciones y rellenos en las zonas críticas. Los rellenos terminados se deben revestir con especies vegetales adecuadas para evitar la erosión superficial.

En algunos sectores se han construido pantallas ancladas, con resultados altamente positivos. Finalmente, se realiza un revestimiento en concreto lanzado, para aumentar el grado de resistencia del suelo.

Reubicación de viviendas. Paralelamente a la adquisición de predios la CDMB realizó programas de reubicación de viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo. Los asentamientos fueron trasladados a lugares seguros o se reubicaron algunos de ellos en el sitio, previa construcción de las obras requeridas. Se contó con la participación de la Administración Departamental, Municipal, el Inurbe, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, la Electrificadora de Santander y la Presidencia de la República, a través de la Oficina de Atención y Prevención de Desastres.

Reforestación. Hasta 1987 la reforestación de la escarpa se trabajó principalmente con base en la regeneración natural y plantaciones de algunas especies naturales protectoras. Posteriormente un estudio de suelos demostró que esta reforestación puede encaminarse hacia un aspecto protector-productor con especies naturales. Otras 350 hectáreas han desarrollado regeneración natural, los cuales, unidas a una empradización de 50 hectáreas han creado un

cercos verdes en torno a la escarpa, modificando y mejorando ambientalmente su entorno, el cual hace 30 años ofrecía un aspecto desértico (Cobos, 2002). Otros detalles de esta evolución se presentan enseguida.

Desarrollo de áreas protegidas. Cobos (2002) y Villabona (2002) señalan que la CDMB realizó en 1968 la contratación del “Estudio ecológico a la vegetación de la meseta de Bucaramanga” con la facultad de ingeniería forestal de la Universidad Nacional de Medellín, para evaluar la vegetación natural y artificial de la escarpa occidental y encontrar las relaciones entre vegetación, clima, suelos e interferencia humana, así como el tipo de vegetación protectora más aconsejable de complemento a las obras civiles previstas en el Plan General para el Control de la Erosión en Bucaramanga, sintetizado anteriormente.

### Contaminación atmosférica

La existencia desde hace aproximadamente 30 años de problemas ambientales, como la generación de olores ofensivos, asentamientos ilegales y en condiciones de miseria alrededor de la escarpa, producción de lixiviados y contaminación de corrientes hídricas, ha motivado a que los municipios menores y del AMB planteen soluciones óptimas desde el punto de vista ambiental y económico, mediante sus respectivos Planes de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS), con el apoyo de la autoridad ambiental en (CDMB, 2006c).

El AMB agrupa una serie de actividades socioeconómicas que concentran funciones de la población que han creado, de manera directa, un impacto sobre las condiciones de la calidad del aire, en especial en las zonas urbanas e industriales. El aporte de la industria ubicada en el AMB a la contaminación atmosférica, se concentra principalmente en emisiones de material particulado, dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), olores ofensivos y ruido, provenientes principalmente de procesos de combustión, trituración, fundición, manejo de materiales, plantas procesadoras de alimento y molinos de arroz.

En sectores suburbanos de los municipios de Girón, Piedecuesta y Bucaramanga, facilitado por la presencia de calizas, se ha establecido la producción artesanal de ladrillo de arcilla y cal de la cual derivan su sustento gran número de familias de bajos recursos. Esto arroja a la atmósfera contaminantes producto de la combustión del carbón y la cascarilla de café, y representa una industria importante en el aporte de material particulado, óxidos de nitrógeno, gases intermedios de combustión, dióxido de carbono y vapor de agua (CDMB, 2006b).

### Planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de río Frío está localizada a una distancia de seis kilómetros del casco urbano de Girón, sobre el costado sur del anillo vial del área metropolitana de Bucaramanga.

Inició operaciones en 1991 tratando 30 000 metros cúbicos diarios, para una población equivalente de 160 000 habitantes; en 1994 se amplió su capacidad para tratar 47 000  $\text{m}^3/\text{día}$  de una población equivalente de 240 000 habitantes.

En el año 2001 se inició la ampliación de su capacidad a 60 000 m<sup>3</sup>/día. La planta funciona bajo la responsabilidad de la CDMB y forma parte del sistema de alcantarillado y disposición de aguas servidas que administra y opera la Corporación.

### Disposición de residuos sólidos

El lugar donde actualmente se encuentra el relleno sanitario El Carrasco fue elegido como convenio entre el Municipio, la Empresa de Aseo de Bucaramanga (EMAB) y una firma consultora canadiense en el año de 1977. Este lugar fue utilizado desde 1978 como un botadero a cielo abierto, donde los vehículos descargaban el material en la parte baja de la cañada, lo que hoy corresponde a la cárcava 2.

Debido a los continuos incendios y buscando una forma de mejorar el manejo de los residuos sólidos, se estableció un Plan de Manejo Ambiental, el cual tiene por objeto fundamental la recuperación ambiental del sitio y su transformación en un relleno sanitario. A El Carrasco llegan a diario cerca de 750 toneladas de residuos provenientes de diez municipios de Santander, los cuatro del área metropolitana, así como Suratá, Cáchira, Charta, Rionegro, Lebrija y Barbosa. Por ello el trabajo que realiza la EMAB va más allá de obtener el reconocimiento de la autoridad ambiental. La EMAB garantiza la gestión integral de los residuos sólidos.

El área de influencia directa del relleno sanitario corresponde a la zona de disposición final del sitio de 92 hectáreas que conforman el predio de El Carrasco que se halla bajo la tutela del Plan de Manejo Ambiental.

Esta área, con respecto a los desechos, está conformada por las cárcavas 1 y 2; en la primera de ellas se está desarrollando la disposición final conforme al plan de manejo (y de acuerdo a este ajuste), mientras que la cárcava 2 fue un botadero a cielo abierto desde 1977 hasta 1985, en la actualidad genera olores ofensivos y de acuerdo con el Plan de Manejo se hace necesario ejercer un programa de recuperación.

### Microzonificación sísmica

La microzonificación sísmica de Bucaramanga remonta sus gestiones preliminares al año 1994, cuando el proyecto fue formulado institucionalmente por Ingeominas. La fase I del proyecto se desarrolló durante el año 1997 mediante convenio suscrito entre la Gobernación de Santander e Ingeominas (Carrillo, 1996; Ingeominas, 1997). Consistió en la recopilación de información y la revisión de las características geológicas locales, la evaluación tectónica y neotectónica regional (en un círculo de 200 km de radio alrededor de la ciudad), la neotectónica semidetallada en los alrededores del AMB, aspectos sismológicos y geotécnicos del área de estudio, con la estructuración de un Sistema de Información Geográfico.

La fase II del proyecto zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga se efectuó entre los años 2000 y 2001, a partir del convenio celebrado entre la CDMB e Ingeominas. Comprendió lo siguiente: elaboración del mapa geológico del AMB, escala 1:25 000, y la evaluación de-

tallada de la neotectónica local; determinación de las características geofísicas locales, mediante refracción sísmica, sondeos eléctricos verticales y micro-tremores, con la instalación de cinco acelerógrafos portátiles; recopilación de estudios de suelos, exploraciones geotécnicas locales, recuperación de núcleos para ensayos de laboratorio y obtención del mapa geotécnico del AMB; estudios de respuesta sísmica del subsuelo, conducentes al mapa de zonificación sísmica indicativa del AMB, en el cual se muestran los espectros de diseño propuestos (Ingeominas, 2001; Rubiano et al., 2002; García et al., 2002).

La zonificación geotécnica produjo un mapa a escala 1:25 000, mostrado en el anexo 5, en donde se divide el AMB en nueve zonas (García et al., 2002), con características de comportamiento homogéneo, la descripción de cada una de ellas, sus problemas geotécnicos y las observaciones especiales: la zona 1 caracterizada fundamentalmente por la presencia de rocas sedimentarias; la zona 2 la componen rocas ígneas y metamórficas; la zona 3 conformada por limos rojos del abanico aluvial y escarpes de la meseta; la zona 4 caracterizada por la Formación Organos; la zona 5 conformada por flujos de escombros; la zona 6 por valles aluviales; la zona 7 caracterizada por depósitos de coluvión; la zona 8 susceptible a deslizamientos; y la zona 9 por rellenos sueltos.

A partir de microtrepidaciones se obtuvieron los periodos para el AMB cuyo rango entre 0,05 s y 0,35 s, variación considerada como muy baja que indica la homogeneidad y la rigidez de los suelos de Bucaramanga (García et al., 2002).

### Aspectos reglamentarios e institucionales

El área metropolitana de Bucaramanga tiene como labor fundamental adoptar el Plan Integral de Desarrollo Municipal, en el que se regulan las obras públicas, recursos naturales, servicios públicos y demás eventos para la búsqueda de beneficio comunitario.

El Plan de Ordenamiento Territorial organiza las actividades básicas del componente urbano y rural del AMB con acciones y actuaciones físicas concretas que permitan responder a las necesidades humanas, con funcionalidad y eficiencia en aras de mejorar los niveles de calidad de vida de sus habitantes. Aquí se encuentran las diversas distribuciones físicas que se hacen en cada uno de los municipios que conforman el área metropolitana de Bucaramanga.

Por su parte la CDMB cuenta con los Sistemas de Gestión Ambiental Municipal (SIGAM). Como ya se mencionó, conservar el suelo contra la erosión ha sido uno de los principales objetivos de la entidad durante sus años de existencia. Investigaciones, diseños y construcción de obras civiles son algunas de las acciones que la CDMB ha realizado y que han permitido preservar la ciudad contra este fenómeno. A pesar de las cuantiosas inversiones realizadas, aún persisten focos puntuales de erosión en la escarpa occidental de la meseta. Por dicha razón, se debe continuar con las obras que fueron debidamente identificadas en el estudio, realizado en el año de 1988, llamado Plan General de Erosión-segunda etapa. Dentro del programa de conservación de suelos se realizan varias actividades que ayudan a controlar el problema de la erosión en la meseta de Bucaramanga.

El AMB cuenta con los servicios de la sede regional de Ingeominas, la cual tiene como objetivo promover la exploración y explotación de los recursos mineros de la nación y participar, por delegación, en las actividades relacionadas con la administración de dichos recursos.

La Dirección de Prevención y Atención de Desastres posee una oficina regional en las instalaciones de la gobernación. Ésta cumple con realizar una organización adecuada para dar solución a los innumerables problemas sociales y económicos generados por los distintos factores de calamidad pública y desastres naturales que durante las últimas décadas ha sufrido la comunidad del área metropolitana de Bucaramanga y en general el departamento de Santander.

Además de las anteriores, el AMB cuenta con instituciones tales como los bomberos, la Caja de Previsión Social, Empresas de aseo, Instituto Municipal de Cultura, Instituto de la Juventud, el Deporte y la Recreación de Bucaramanga–Inderbu, Instituto de Vivienda de Bucaramanga–Invisbu, Instituto de Salud de Bucaramanga–Isabu, Instituto de Recreación y Deporte de Santander–Indersantander, Lotería de Santander, y otras instituciones que buscan el progreso socioeconómico de la comunidad.

## Recomendaciones

La fundación de la ciudad en terrenos inconsistentes y con zonas de bordes muy marcadas, influenciados por condiciones internas y externas bastante desfavorables, antes descritas, han ocasionado, y continuarán originando, intensos problemas geomorfológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, ambientales y, desde luego, sociales. Pero el mejor conocimiento de ellos deberá continuar no sólo para la adopción de alternativas de solución sino para el entendimiento íntegro de la relación hombre y naturaleza y el goce colectivo de un entorno sano.

Así, todos estos trabajos y gestiones deben señalar rutas poco exploradas de las ciencias ambientales. Las instituciones cuentan con buena información, pero también con bastante complejidad y difícil acceso, y sus implicaciones y aplicaciones son, en general, ampliamente desconocidas. Se proponen tres frentes de trabajo: 1) información de carácter público, basada en la utilización de medios masivos y específicos para divulgar, a todo nivel, los avances y prioridades ambientales; 2) capacitación, mediante la organización de grupos específicos de sujetos (grupos por capacitar) y actores (capacitandos), de las instituciones estatales, comunitarias y las empresas privadas, y el desarrollo programático de ciclos de conferencias, talleres, prácticas de campo, laboratorio y trabajos de investigación, en forma estructurada y consecuente; y 3) educación, formal y no formal, creando cátedras en torno a cada uno de los temas ambientales prioritarios, desde el preescolar hasta los niveles medio y superior, incluidos los doce claustros universitarios del AMB.

Son importantes los avances en los estudios de amenazas regionales y locales de Ingeominas, la CDMB, las municipalidades en el área de influencia y las investigaciones de las universidades, pero se debe continuar en la realización de análisis de vulnerabilidad y evaluación de riesgos, requeridos para los planes de protección civil y la gestión del riesgo. Los estudios AVR (amenaza,

vulnerabilidad y riesgo) son fundamentales para desarrollar acciones intersectoriales encaminadas a reducir, anticipadamente, el impacto negativo de eventos naturales y antrópicos en áreas pobladas vulnerables. En especial se requieren dos planes esenciales, que aún no han sido elaborados en el AMB: Plan Local de Emergencia y Contingencia (PLEC); y el Plan Territorial para la Prevención y Atención de Desastres (PTPAD).

Por su importancia, implicaciones y exigencia legal actual, no sólo en cuanto al Sistema Nacional Ambiental (SINA) sino también el Sistema Nacional para la Prevención de Desastres (SNPAD), que demandan acciones sistémicas e intersectoriales, estos planes deben ser liderados por las oficinas de emergencias y de planeación de cada municipio, para su presentación y gestión ante los Comités Locales para la Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD), que están presididos directamente por los alcaldes.

A pesar de que el mapa de zonificación geotécnica del AMB fue adoptado por la CDMB como herramienta importante de planificación territorial y para el ajuste de los POT de los municipios involucrados, su escala de trabajo (1:25 000) no puede sustituir estudios geotécnicos de mayor detalle para macroproyectos de ingeniería, obras de urbanismo en áreas críticas, ni para definir especificaciones detalladas de sitios particulares.

Es importante destacar que la zonificación sismogeotécnica del área metropolitana de Bucaramanga se realizó a nivel indicativo, por lo cual deben desarrollarse nuevas investigaciones, estudios complementarios y de mayor detalle, de forma continua e interinstitucional, teniendo en cuenta la amenaza sísmica alta y la vulnerabilidad física de viviendas y edificaciones indispensables. Se requieren estudios más profundos para las fuentes sismogénicas de influencia en la zona, es decir, los sistemas de fallas geológicas descritos y el Nido Sísmico de Bucaramanga, con el fin de conocer en mejor detalle las tasas de movimiento, longitudes de ruptura y magnitudes máximas probables, entre otras, para poder efectuar mejores análisis de amenaza, con diferentes modelos de cálculo (ejemplo área fuente) y efectos de campo cercano.

Además, es necesaria la ampliación y consolidación de una red de acelerógrafos para el AMB, para continuar con el monitoreo de movimientos fuertes; los mapas obtenidos a partir de microtrepidaciones pueden ser considerados como zonificación dinámica preliminar y debe ser ajustados con estudios geotécnicos y modelaciones más detalladas de su comportamiento.

Finalmente, es prioritario iniciar un programa de información pública y educativa, a través de medios de comunicación, entidades y colegios, y capacitación en las comunidades, para socializar los resultados de estos estudios y aprender a actuar en caso de terremoto (complementado de: García et al., 2002; Rubiano et al., 2002).

## Agradecimientos

El autor principal agradece los comentarios de algunas secciones y la consecución de información técnica específica, brindadas por el geólogo Jorge Alberto Rey Pilonieta y Eduardo Castro Marín.

## Bibliografía

ALCALDÍA DE BUCARAMANGA (1999). Capítulo 3 de amenazas naturales, antrópicas y tecnológicas. Documento diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Bucaramanga. 18 p.

AYALA C, R. C., GÓMEZ C, M., BAYONA, G., RAPALINI, A.E., COSTANZO-ÁLVAREZ, V., ALDANA, M. y M. CORTES (2005). "Paleomagnetismo y mineralogía magnética en rocas del Jurásico-Cretácico basal en el área de Bucaramanga (cordillera Oriental, Colombia) y sus aplicaciones en el estudio del Jurásico en Colombia". En: Memorias (en CD) del X Congreso Colombiano de Geología. Bogotá, julio de 2005, 10 p.

BUENO B., E. L. (1994) Geología, geotecnia y comportamiento erosivo de las áreas de reserva forestal de Bucaramanga. Tesis de grado de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1994.

CARRILLO L., E. (1996). "Estructuración de una base de datos para la microzonificación sísmica y geotécnica del área metropolitana de Bucaramanga-Colombia". En: Memorias del 2º Seminario Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, octubre 30 a noviembre 4 de 1996, 429-439.

COBOS M., G. (2002). "Resultados del plan de control de erosión en Bucaramanga". En: Memorias (en CD) del Simposio Latinoamericano Control de Erosión 2002, Bucaramanga, marzo 2002, 4 p.

COMITÉ AIS 300-AMENAZA SÍSMICA (1998). Estudio general de amenaza sísmica de Colombia, Investigación realizada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, la Universidad de los Andes e Ingeominas, publicación especial de Ingeominas, octubre de 1998, 252 pp.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA – CDMB (2006a). Proyecto: Construcción de obras y acciones complementarias para el control de la erosión y apoyo a los municipios de la identificación y delimitación de zonas de riesgo en el manejo de amenazas naturales. Disponible en <http://www.cdm.gov.co>, consulta: septiembre de 2006.

\_\_\_\_\_ (2006b). Proyecto: Control, seguimiento y monitoreo de la calidad del aire en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Disponible en <http://www.cdm.gov.co>, consulta: septiembre de 2006.

\_\_\_\_\_ (2006c). Proyecto: Gestión de apoyo técnico y económico a los municipios para el manejo integral de residuos sólidos. Disponible en <http://www.cdm.gov.co>, consulta: septiembre de 2006.

\_\_\_\_\_ (2006d). Proyecto: Protección, recuperación, conservación y manejo de cuencas hidrográficas abastecedoras de acueductos y sistemas productivos. Disponible en <http://www.cdm.gov.co>, consulta: septiembre de 2006.

EMPRESA DE ASEO DE BUCARAMANGA – EMAB (2006a). Estudio de alternativas tecnológicas y de localización para el manejo integral de residuos sólidos en el área metropolitana de Bucaramanga. FONADE (1) informe No. 2. Disponible en <http://www.emabesp.co>, pp. 41-42, consulta: septiembre de 2006.

\_\_\_\_\_ (2006b). Diagnóstico Ambiental de Alternativas-Alternativas de localización. FONADE (2) -AMB. Disponible en <http://www.emabesp.co>, pp. 41-42, consulta: septiembre de 2006.

GARCÍA N, J., IBÁÑEZ A., D. G. y CASTRO M., E. (2002). "Zonificación geotécnica del área metropolitana de Bucaramanga". En: Memorias (en CD) del IX Congreso Colombiano de Geotecnia. Medellín, noviembre de 2002. 13 p.

- GÓMEZ I., S. y COLEGIAL, J. D. (2006). “Modelo de recarga y flujo a través del sistema de fracturas del macizo de Santander en el sector de Bucaramanga”. En: Memorias del II Congreso Colombiano de Hidrogeología. Sede Bucarica de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, abril de 2006. 5 p.
- GÓMEZ, I. y VÉLEZ, O. (1990). Predicción de las fluctuaciones de los niveles freáticos a partir de precipitaciones y su influencia en la estabilidad de los taludes en la meseta de Bucaramanga. Sociedad Colombiana de Geología, 1990. Medellín, 20 p.
- GÓMEZ P., J. A. (1980). Actividad sísmica en el departamento de Santander. Escala 1:800 000. Boletín de Geología. Universidad Industrial de Santander. Volumen 14, No. 28. Bucaramanga, 1980. pp. 3-23.
- HOYOS C., L. F. (2002). “Control de cauces en las quebradas de la escarpa occidental de Bucaramanga”. En: Memorias (en CD) del Simposio Latinoamericano Control de Erosión 2002, Bucaramanga, marzo 2002, 3 p.
- HOYOS P., F. (2002). “Componente hidrogeológica de la erosión en la terraza de Bucaramanga. Diagnóstico y diseño de estabilización”. En: Memorias (en CD) del Simposio Latinoamericano Control de Erosión 2002, Bucaramanga, marzo 2002, 1 p.
- \_\_\_\_\_ (1997). *Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga, Fase I*. Convenio realizado entre la Gobernación de Santander e INGEOMINAS. Bucaramanga, 1997.
- INGEOMINAS (2001). *Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga, Fase II*. Convenio realizado entre la CDMB e Ingeominas-Subdirección de Amenazas Geoambientales. Bogotá, 270 p.
- LEÓN S., L. A. (1991). Mapa geológico del departamento de Santander. Escala 1:800 000. Boletín de Geología. Revista de la Universidad Industrial de Santander. Volumen 20, No. 35. Bucaramanga, 1991. pp. 53-63.
- OLARTE R., D. y PINEDA J., V. (1991). Neotectónica y sedimentación de los depósitos Cuaternarios de la meseta de Bucaramanga, entre el escarpe occidental y el Cerro de Palonegro. Tesis de grado de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1991.
- PACHÓN, S., MARTÍNEZ, S., BERMÚDEZ, M. L. y OJEDA, A. (2002). “Estimación del Ts. en el área metropolitana de Bucaramanga”. En: Memorias (en CD) del IX Congreso Colombiano de Geotecnia. Medellín, noviembre de 2002. 15 p.
- RAMÍREZ, J. E. (1975). *Historia de los terremotos en Colombia*. IGAC. Bogotá, 1975. 250 p.
- REYES M., G. A. (1995). “Consideraciones petrológicas de las migmatitas encontradas en la Formación Neis de Bucaramanga”. En: Primera Semana Nacional de Geología e Ingeniería Geológica, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, junio de 1995, 13 pp.
- \_\_\_\_\_ (1996). Geología, geomorfología y geotecnia del anillo vial metropolitano de Bucaramanga (puente Reina de la Paz)–Palenque–Café Madrid. Estudios de rehabilitación y construcción para la concesión vial. Consorcio Hidroconsulta Ltda.–Inargos Ltda.–FONADE. Bucaramanga, Octubre de 1996, 55 pp.
- \_\_\_\_\_ (1997). “Alerta con los desastres naturales”. En: *Geotas de Santander*, Sociedad Colombiana de Geología, Capítulo Bucaramanga, Bucaramanga, agosto de 1997, 1 (2), 6-7.
- \_\_\_\_\_ (1998). “La ingeniería geoambiental en la prevención de desastres y el desarrollo sostenible. En: Memorias del III Seminario Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, octubre de 1998, 291-302.

- REYES M., G. A. y RAMÍREZ S., H. (1996). Geología aplicada a proyectos de rehabilitación de vías: carretera Bucaramanga-Barrancabermeja, sector Lebrija-puente sobre el río Sogamoso. Tomo I: Informe final. Tesis de Grado, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1996, 249 p.
- RIVERA, L. A. (1989) Inversion du Tenseur de Contraintes à Partir des Données de Polarité pour une Population de Séismes: Application au Nid de Bucaramanga. Ph.D. thesis. Inst. Phys. Globe, Strasbourg, France. 266 p.
- ROYERO G., J. M. y CLAVIJO, J. (2001). Mapa geológico generalizado departamento de Santander. Escala 1:400 000. Memoria explicativa. Ingeominas. Bucaramanga, 2001. 91 p.
- RUBIANO V., D., ALVARADO F., C., MARTÍNEZ P., A. y DÍAZ P., F. (2002). “Zonificación sismogeotécnica del área metropolitana de Bucaramanga”. En: Memorias (en CD) del IX Congreso Colombiano de Geotecnia. Medellín, noviembre de 2002. 17 p.
- SUÁREZ Z., N. R. y SUÁREZ S., J. A. (2006). Caracterización, análisis y diagnóstico de los flujos de lodos y detritos en la cuenca de la quebrada Angulito en Girón, Santander. Tesis de grado de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2006.
- TOBAOADA, A., RIVERA, L.A., FUENZALIDA, A., CISTERNAS, A., PHILIP, H., BI-JWAARD, H., OLAYA, J. AND RIVERA, C. (2000). *Geodynamics of the Northern Andes: Subductions and Intracontinental Deformation (Colombia)*. Tectonics, October 2000, v. 19, no. 5, 787-813.
- VARGAS J., C. A. (2004). *Propagación de ondas sísmicas y atenuación de ondas de coda en el territorio colombiano*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 23. Bogotá, 2004. 235 p.
- VARGAS P., G. y NIÑO A., A. E. (1992). Geología y geotecnia de la escarpa noroccidental de la meseta de Bucaramanga. Tesis de grado de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1992. 95 p.
- VILLABONA C., R. (2002). “Bio-manejo ambiental escarpa occidental de Bucaramanga”. En: Memorias (en CD) del Simposio Latinoamericano Control de Erosión 2002, Bucaramanga, marzo 2002, 4 p.
- WARD, D. E., GOLDSMITH, R., JIMENO V., A., CRUZ B., J., RESTREPO, H. y GÓMEZ R., E. (1977) Mapa geológico del cuadrángulo H-12, Bucaramanga. Escala 1:100 000. Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica Minero-Ambiental y Nuclear (Ingeominas), con la colaboración del U.S. Geological Survey (Convenio 514-L-030 de la A.I.D.). Digitalización y edición por la Unidad de Producción de Documentos Digitales. Ingeominas, Bogotá, 2000.

# Cali

Andrés Velásquez / Andrés Prieto R.

Este trabajo sobre Cali se fundamenta en dos publicaciones previas: “Ofertas y amenazas ambientales en Cali” (Velásquez & Meyer, 1994) y en el Plan para la mitigación de riesgos en Cali (Municipio de Cali, OSSO, edit., 1996), y se complementa con datos actuales de variables socioeconómicas y territoriales y con información obtenida recientemente sobre geología, geomorfología y amenazas naturales como producto de estudios e investigaciones adelantadas por el Observatorio Sismológico del Suroccidente–OSSO y por la Administración Municipal de Cali. Es entonces una síntesis complementada del documento del OSSO de 1994, que en su momento y durante varios años fue un referente para aproximarse al conocimiento sobre el entorno ambiental de Cali, y del Plan para la mitigación de riesgos en Cali de 1996.

Santiago de Cali, fundada el 25 de julio de 1536 por orden de Sebastián de Belalcázar, está situada en el valle geográfico del río Cauca a una altura promedio de 1000 metros sobre el nivel del mar msnm, a 3°27' de latitud norte y 76°32' de longitud oeste (figura 1).

Desde su emplazamiento original se buscó que sirviera de especie de “puerto interior” del océano Pacífico, a través de la bahía de La Cruz o de Siuz (Buenaventura), que había sido descubierta hacia 1525. Según las instrucciones de Francisco Pizarro desde el Perú, debía tratarse de “una ciudad que fuera centro de escala entre el mar y las regiones del interior”. Una vez fundada, Belalcázar “envió treinta hombres con Juan Ladrillero que era hombre experimentado en las cosas del mar, en busca de un puerto” (Arboleda, 1956).

Hasta principios del siglo xx fue un villorrio marginal en comparación con otras ciudades de la región, dependiente política y económicamente de Popayán. La consolidación de rutas de comercio, principalmente la vía férrea a Buenaventura, entre otros factores, contribuyó a convertirla en el principal centro comercial, agroindustrial, político y administrativo del suroccidente colombiano, y es hoy la tercera ciudad del país, tanto en población como en importancia económica (Arizabaleta & Santacruz, 1981). El gráfico 1 muestra el crecimiento demográfico desde finales del siglo xviii, según los datos de la tabla 1 y mapas de Arizabaleta y Santacruz (1981) y el Departamento Administrativo de Planeación Municipal–DAPM (2000).

Desde 1950 la ciudad y su entorno se han visto como un territorio privilegiado por ser parte de una región de ciudades con buenas interrelaciones viales, económicas y de ofertas de bienes y servicios (figura 1). Sin embargo, tanto Cali como los municipios vecinos se perciben, desde la óptica de los autores, como aislados entre sí por fuertes intereses municipalistas que han impedido acciones concertadas para el manejo de problemáticas sociales y ambientales comunes. Este aislamiento fue, en parte, fortalecido por la Ley 388

de 1997 (Ley de Ordenamiento Territorial), que implícitamente circunscribió el ordenamiento del territorio a cada municipio, sin relación con su entorno subregional y sus vecinos.

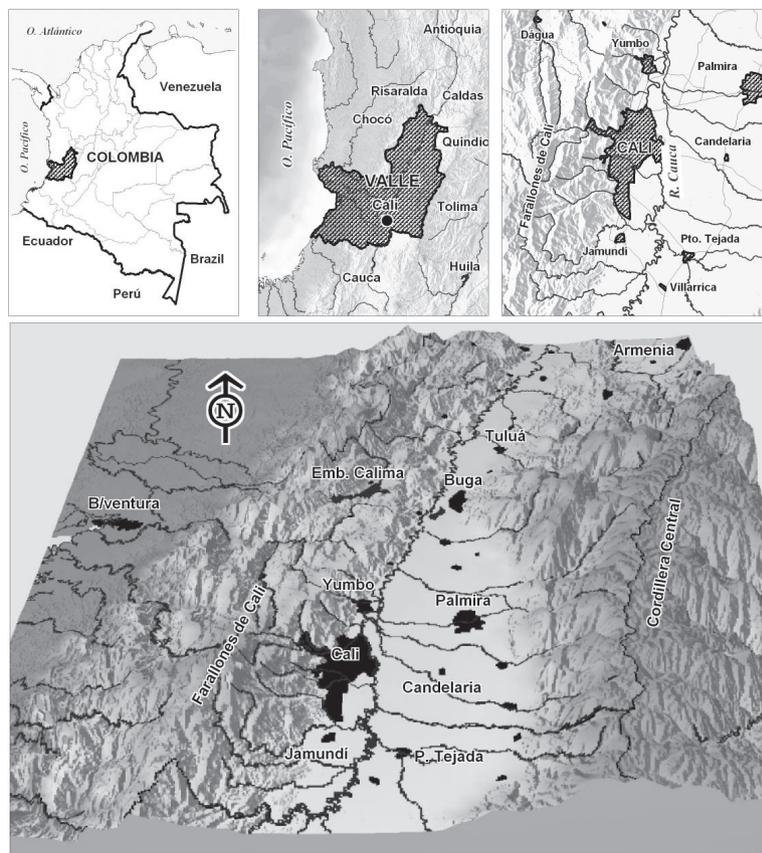


Figura 1. Cali en Colombia y en el valle geográfico del río Cauca

Tabla 1. Población de Cali

CENSO	POBLACIÓN	FUENTE
1793	6548	Arboleda, 1956, 1957
1807	7192	Arboleda, 1956, 1957
1898	18 000	Botero, 1991
1912	28 000	Botero, 1991
1938	88 000	Botero, 1991
1951	241 000	Botero, 1991
1964	618 800	Botero, 1991
1973	972 000	Botero, 1991
1985	1 324 000	DANE, 1987
1992	1 714 000	DAPM, 1989 (Proyección)
2000	2 161 130	DAPM. 2005 (Proyección)
2005	2 423 381	DAPM. 2005 (Proyección)
	2 075 380	DANE, 2006

El acelerado crecimiento demográfico durante las últimas décadas se evidencia a partir de los datos censales: durante los 40 años entre 1898 y 1938 la población se multiplicó por un factor de 4,9 y en los 67 restantes hasta 2005 por un factor de 27. Botero (1981) señaló en su época que los factores intercensales de crecimiento de Cali eran los más altos para Colombia y que junto con Sao Paulo (Brasil) había sido la ciudad con mayor tasa de crecimiento en América del Sur.

De acuerdo con el Departamento Administrativo de Planeación Municipal, DAPM (2005) y el DANE (2006), para 2006 se tienen los siguientes indicadores:

- Población total (DANE, 2006): 2 075 380 (aproximadamente 5% del país).
- Población económicamente activa: 781 104.
- Total de viviendas: 513 844.
- Área urbana: 12 090 ha. (aprox. 21,6% del territorio municipal)
- Área desarrollada: 8729 ha.
- Densidad neta de población (ha): 171,7.
- Densidad neta de vivienda (ha): 42,5

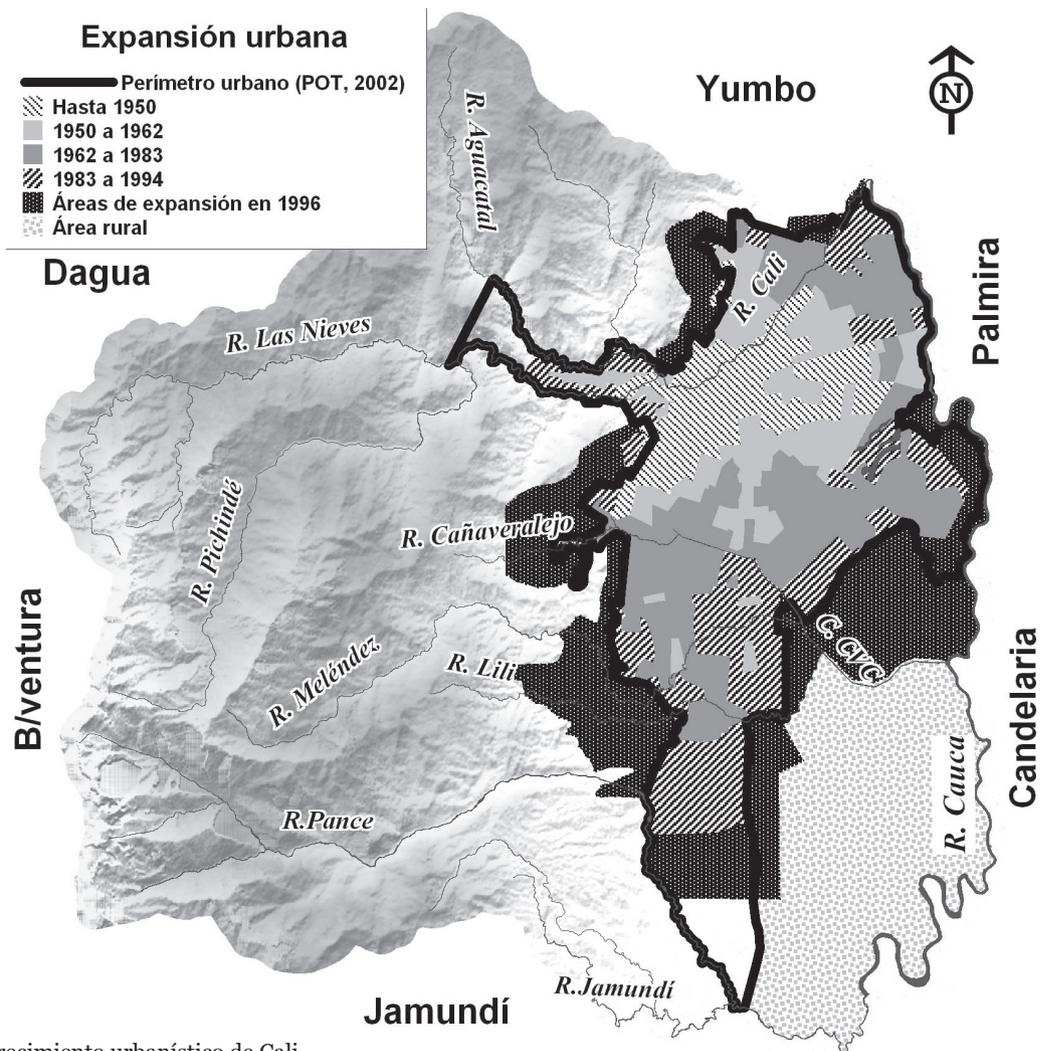


Figura 2. Crecimiento urbanístico de Cali

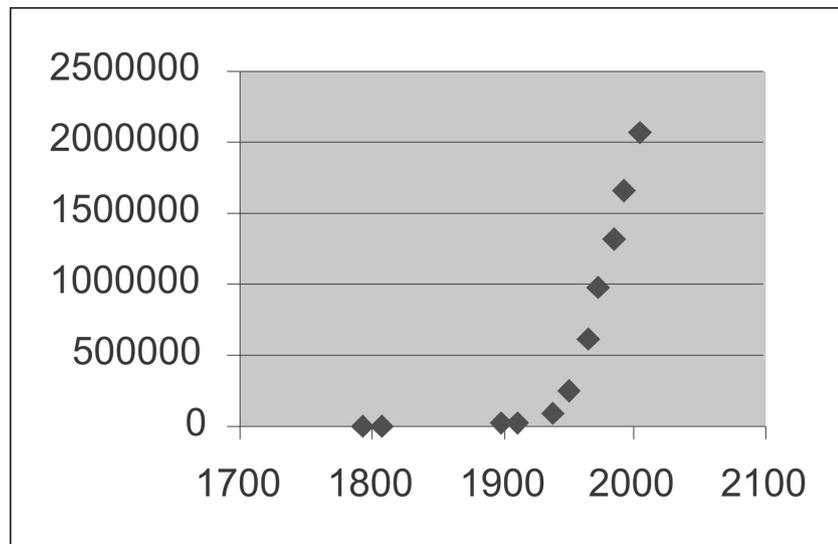


Gráfico 1. Crecimiento demográfico

Crecimiento urbanístico y demográfico. Figura 2: expansión urbana desde 1950. Las áreas de expansión previstas en 1996 fueron definidas como Áreas de Régimen Diferido en el POT de la ciudad (DAPM, 2000), con desarrollos sujetos a estudios de amenazas y de factibilidad técnica y económica de servicios públicos, entre otros. Gráfico 1: crecimiento demográfico con base en los datos de la tabla 1.

### Fisiografía

Localizada sobre la margen izquierda del río Cauca, en el piedemonte oriental de la cordillera Occidental, al sur del valle geográfico del río Cauca, se encuentra a una altura promedio de 1000 metros sobre el nivel del mar.

El valle tiene un ancho de 35 km en la latitud de Cali; está cercado por altas montañas, que marcaron durante casi cuatro siglos el aislamiento para la ciudad: con Santafé de Bogotá el camino debía superar el Paso del Quindío (con rutas estables a partir de 1940), y con el océano Pacífico y el exterior, la cordillera Occidental con su vertiente pacífica cubierta de selva húmeda tropical, que sólo tuvo camino permanente a principios del siglo xx (el primer tren arribó a Cali en 1915, un año después de la apertura del canal de Panamá).

Los españoles escogieron para el emplazamiento urbano definitivo el cono aluvial del río Cali, la porción más adecuada de terreno del área para que la población estuviera poco sujeta a amenazas naturales. (El poblado se fundó inicialmente en algún lugar de la cordillera Occidental, cerca al río Calima, con el propósito de buscar un camino al Pacífico).

### Aspectos climáticos

El clima local, ecuatorial, está controlado tanto por la cordillera Occidental, que sirve de pantalla a las masas húmedas provenientes del Pacífico, como por el régimen de células de convección propias de un valle. En las tardes se genera una característica brisa fresca del oeste al este. La cordillera Occidental,

de unos 2000 metros de altura en promedio al norte de la ciudad, se eleva al sur, en los farallones de Cali, hasta los 4000 metros. Este hecho genera una diferenciación climática importante a escala urbana de cerca de un metro en la precipitación promedio anual entre el piedemonte al suroccidente y el norte.

Las zonas de vida presentes en la ciudad son bosque húmedo premontano (bh-PM) sobre la zona del piedemonte al suroeste, bosque seco premontano (bs-PM), al norte, y bosque seco tropical (bs-T), hacia el sur-sureste (Espinal et al., 1977). La precipitación promedio varía entre 900 y 1800 mm/año. El promedio para la mayor parte del área urbana es de 1000 mm. La temperatura promedio anual es de 24 grados centígrados.

### Geología, recursos naturales

La variación climática entre el sur y el norte del piedemonte urbano y suburbano de la ciudad tiene, en primera aproximación, repercusiones sobre las amenazas y ofertas geológicas del territorio: parece existir una correlación entre la meteorización de rocas de la Formación Volcánica (diabasas del Cretáceo) e inestabilidad potencial de terrenos recientemente urbanizados, al sur, y la disponibilidad de diabasas poco meteorizadas al norte con canteras que proveen los agregados con los cuales se ha construido gran parte de la ciudad. Las arcillas para ladrillo se extraen en municipios vecinos y las arenas del río Cauca, las obtenidas aguas abajo de Cali son de baja calidad por contaminantes orgánicos.

Cali, la “ciudad de los siete ríos”, conserva sólo al Pance y al Cali con aceptable calidad de agua, este último hasta su ingreso en la ciudad. Los demás: Cauca, Lili, Meléndez, Cañaveralejo y Aguacatal se encuentran muy contaminados. La provisión de agua se hace desde 1919 desde el río Cali, que abastece cerca del 20 % de las necesidades; a partir de los años 90 se hace también desde el río Meléndez con un metro cúbico de caudal para acueducto; y el resto, cerca del 75 %, se provee desde el río Cauca, con bocatoma aguas abajo del vertimiento de aguas residuales desde el Canal CVC sur. Las aguas subterráneas, estudiadas por Álvarez y Tenjo (1971), se distribuyen en tres acuíferos, el último de ellos con pozos de las Empresas Municipales a 520 metros de profundidad, como pozos de reserva para casos de sequía. Los pozos existentes se utilizan principalmente para labores industriales y de servicios (lavaderos de automóviles).

Los suelos son derivados de saprolitos de rocas sedimentarias del Terciario y volcánicas del Cretáceo de la cordillera Occidental al sur de la ciudad (bosque húmedo), y son prácticamente inexistentes en las mismas unidades al norte con bosque seco. Las propiedades ingenieriles también están asociadas con la meteorización y con estructuras como estratificación y diaclasamiento. Algunos depósitos de vertiente se han desestabilizado por obras como la avenida circunvalar de Los Cerros. En la parte plana destacan tres unidades (figura 3, tomada de López & Vockler, 2000): conos aluviales (Cali, Pance) con buenas características geotécnicas; la cubeta de Cañaveralejo con más de ochenta metros de depósitos de arcillas, niveles freáticos altos y efecto sísmico de sitio, por amplificación de ondas (Rosales, 2000) y depósitos aluviales del río Cali; y la llanura aluvial del río Cauca, antiguamente con importantes humedales,

que fue objeto entre 1956 y principios de los años 60 de obras de adecuación de tierras (el proyecto Distrito de Riego de Aguablanca). En el proceso de crecimiento de la ciudad, asociado a oleadas de inmigrantes por violencia, búsqueda de oportunidades de trabajo, acceso a bienes y servicios y por procesos de especulación con la renta del suelo (invasiones dirigidas y urbanizaciones ilegales), finalmente se perdió la vocación agrícola. Hoy en día cerca de un millón de habitantes residen en la antigua llanura de inundación del Cauca, hasta cuatro metros por debajo de su nivel, protegidos por un dique (jarillón) en tierra, el cual está intervenido con barrios legales y de invasión (Velásquez y Jiménez, 2004; Jiménez, 2005).

En las rocas sedimentarias del Terciario existió hasta la década de 1970 una importante explotación carbonífera hoy en día limitada a explotaciones artesanales. Producto de la extracción del carbón quedaron depósitos inconsolidados e inestables de materiales estériles ocupados luego por invasiones, y ocurre con frecuencia el fenómeno de subsidencia (hundimiento) que afecta parcelaciones e infraestructura vial. También hubo minería de oro asociada a intrusivos ígneos del Terciario (Stock de Pance), con explotaciones hasta principios de los años 40 en los farallones de Cali. Los materiales calcáreos se obtienen de canteras en Yumbo (Cementos del Valle), unos 30 km al norte de la ciudad.

La ciudad cuenta con atractivos paisajísticos de belleza singular como los farallones de Cali (parque nacional natural) y miradores como los cerros Tres Cruces y Cristo Rey. Sin embargo, la calidad escénica, el paisaje del valle geográfico del Cauca detallada y bellamente descrito en las obras de Eustaquio Palacios (*El alférez real*) y Jorge Isaac (*María*), hoy en día dista mucho de lo que fue hasta los años 50: ahora predomina el verde casi monótono del monocultivo de la caña de azúcar, la mancha urbana con niveles crecientes de contaminación y, en la cordillera, la deforestación.

### Amenazas y riesgos por fenómenos naturales y de origen antrópico

Como todas las poblaciones latinoamericanas, Santiago de Cali tuvo desde sus inicios actividades de interacción entre sus pobladores, sus instituciones y las dinámicas del medio ambiente. Durante el periodo colonial y republicano hasta principios del siglo xx, se convivió con amenazas y desastres como sequías, plagas (hormiga arriera), epidemias, crecientes del río Cali, inundaciones por el Cauca y sus afluentes, incendios, vendavales y terremotos, entre otras.

Desde 1919, en la construcción del acueducto de San Antonio, se dispone de hidrantes para facilitar el control de incendios, hasta entonces apagados “a balde”, desde las acequias que recorrían muchas de las calles

En 1924 se fundó la Cruz Roja y en 1928 el cuerpo de bomberos. Grandes inundaciones por el río Cauca en las décadas del 30 y el 50 del siglo xx plantearon la necesidad de un programa regional de control de las mismas, lo que dio origen a la Corporación del Valle del Cauca–CVC a mediados de la década del 50, con base en el modelo de la Corporación del Valle del Tennessee (Estados Unidos).



La ciudad había crecido y se había industrializado desde la posguerra y los accidentes de tránsito e incendios comerciales e industriales se volvieron más frecuentes. Sin embargo, quizás fue la explosión del 7 de agosto de 1956 el evento que marcó la necesidad de contar con acciones gubernamentales y de otras instituciones en la prevención de desastres. Se trató del mayor desastre colombiano hasta la erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985; siete camiones cargados con dinamita explotaron en el populoso sector de la estación del ferrocarril, dejando un saldo de muertos que nunca se pudo estimar pero que en todo caso no debió ser inferior a 2000 y, muy probablemente, de unos 5000. Este desastre causó un profundo impacto nacional y local, marcó el inicio del fin de la dictadura del general Gustavo Rojas Pinilla y produjo toda una generación de líderes sensibles a los temas de desastres que marcarían los hitos futuros de la ciudad en materia de gestión de riesgos, al menos hasta mediados de la década de los 90.

Desde principios de los años 60, una vez concluidas las principales obras del distrito de Aguablanca por parte de la CVC, la ciudad se expandió ocupando terrenos de la antigua llanura de inundación del río Cauca, con obras de desecación y protección contra inundaciones (Velásquez & Jiménez, 2004; Jiménez, 2005). A su vez, las laderas en la cordillera Occidental, inicialmente ocupadas por mineros, empezaron a urbanizarse mediante procesos informales y, ocasionalmente, planificados o al menos con el visto bueno de las administraciones municipales.

Los terremotos del 23 de noviembre de 1979 (norte del Valle, Eje Cafetero) y del 12 de diciembre del mismo año (costa del Pacífico), mostraron la necesidad de nuevas medidas; así, en 1980, por iniciativa de médicos del área de Medicina Social de la Universidad del Valle se creó el Comité Operacional de Emergencias–COE, primero en su género en Colombia y en 1981 el Fondo de Educación Superior–FES - Emergencia Ciudadana, con participación de la FES, Cámara de Comercio, Municipio de Cali y Beneficencia del Valle, también pionero en Colombia. En 1982 el Municipio creó el Fondo de Vigilancia y Seguridad de Cali, que lideró el Comité Local de Emergencias y apoyó a las entidades técnicas y de socorro hasta su desaparición en la Reforma Municipal de 1996.

Por otra parte, a raíz del sismo del 31 de marzo de 1983 en Popayán, Cali adoptó (y también Manizales), como norma municipal el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, que sería Ley de la República un año más tarde.

En 1987 se fundó el Observatorio Sismológico del SurOccidente, pionero de la sismología moderna en el país y en 1989 la ciudad se dotó del Plan general para la atención de emergencias, el cual fue actualizado como Plan para la mitigación de riesgos en Cali en 1996 y adoptado por decreto municipal como instrumento de planificación en 1997.

Sin embargo, a raíz de cambios institucionales y reformas administrativas, durante los últimos años la ciudad perdió el liderazgo que sobre la gestión de riesgos tuvo durante mucho tiempo: el Fondo de Vigilancia y Seguridad de Cali se abolió, desapareció el Fondo FES – Emergencia Ciudadana, la coordinación

del Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres—CLOPAD empezó a cumplir un papel de segundo orden y perdió su capacidad de convocatoria local, de tal manera que muchas de las instituciones de larga trayectoria continuaron su actuación con aceptables niveles de coordinación operativa (en gran medida con el apoyo de la Red de Urgencias), pero con un perfil individual y poca cohesión en términos de visión de ciudad, región y país.

En este texto se busca mostrar algunas de las relaciones más importantes entre urbanización e interacciones con el ambiente que se traducen en nuevas amenazas y riesgos para la ciudad. Se podrá complementar la información accediendo al Plan para la mitigación de riesgos en Cali, disponible en la red mundial en: <http://osso.univalle.edu.co/doc/publicac/1996/planii/>. Información y análisis histórico sobre avenidas torrenciales, deslizamientos e inundaciones también se encuentra disponible en la red mundial en el documento “Elementos históricos y Urbanos en la generación de desastres por inundaciones y deslizamientos en Cali, 1950-2000” (Jiménez, 2005, en: <http://osso.univalle.edu.co/doc/tesis/2005/elementos/elementos.html>)

Suelos expansivos. Aunque no se dispone de un mapa de este tipo de suelos, la distribución de daños en acueducto sugiere la presencia de los mismos (figura 4). En el extremo norte del mapa (barrios Vipasa, La Flora) los suelos expansivos están bien identificados y coinciden con mayores daños. Las redes al oriente de la ciudad, sobre la antigua llanura de inundación, son nuevas (alrededor de 30 años), mientras que en el centro (sobre el cono de Cali) todavía predominan tuberías antiguas, de asbesto cemento, con menor número de daños. Al suroeste la mancha de mayores daños, barrio Siloé en zona de ladera, no indica suelos expansivos sino daños por sobrepresiones en la red. La distribución mensual multianual muestra concentración de daños con 1296 reportes en agosto, en coincidencia con el periodo más seco del año en la ciudad. Los datos graficados corresponden a 9253 reportes de daños colectados por las Empresas Municipales de Cali (Ingeniero Jairo Botero), entre agosto de 1992 y agosto de 1995.

Estratigrafía simplificada de usos del suelo en el oriente de Cali. En la figura 5 se ilustran los hitos del proceso de ocupación del suelo a partir de los años 60, una vez concluidas las principales obras de la CVC en la ciudad. Collazos (1996), da cuenta de cómo los basureros municipales ocuparon antiguas lagunas y humedales; los basureros fueron cubiertos con escombros de construcción y sobre ellos se asentaron tanto barrios de invasión, como proyectos gubernamentales y privados de vivienda. En todas las edificaciones, en algunos casos edificios multifamiliares de cinco pisos, se presentan agrietamientos, lo que se traduce en aumento de la vulnerabilidad física ante sismos. Aún está por investigar si la población de estos lugares presenta problemas asociados de salud. El sitio Navarro, el último basurero, fue inicialmente una excavación para obtener materiales para la construcción del jarillón del río Cauca que se inicia en el sitio de desagüe del canal CVC sur y va hasta la confluencia del río Cali. En todo caso, la disposición de aguas residuales aguas arriba de la bocatoma del acueducto que abastece cerca del 75% de la población, implica sobrecostos en el tratamiento de las aguas del río Cauca, además de la pérdida de vida en el río.

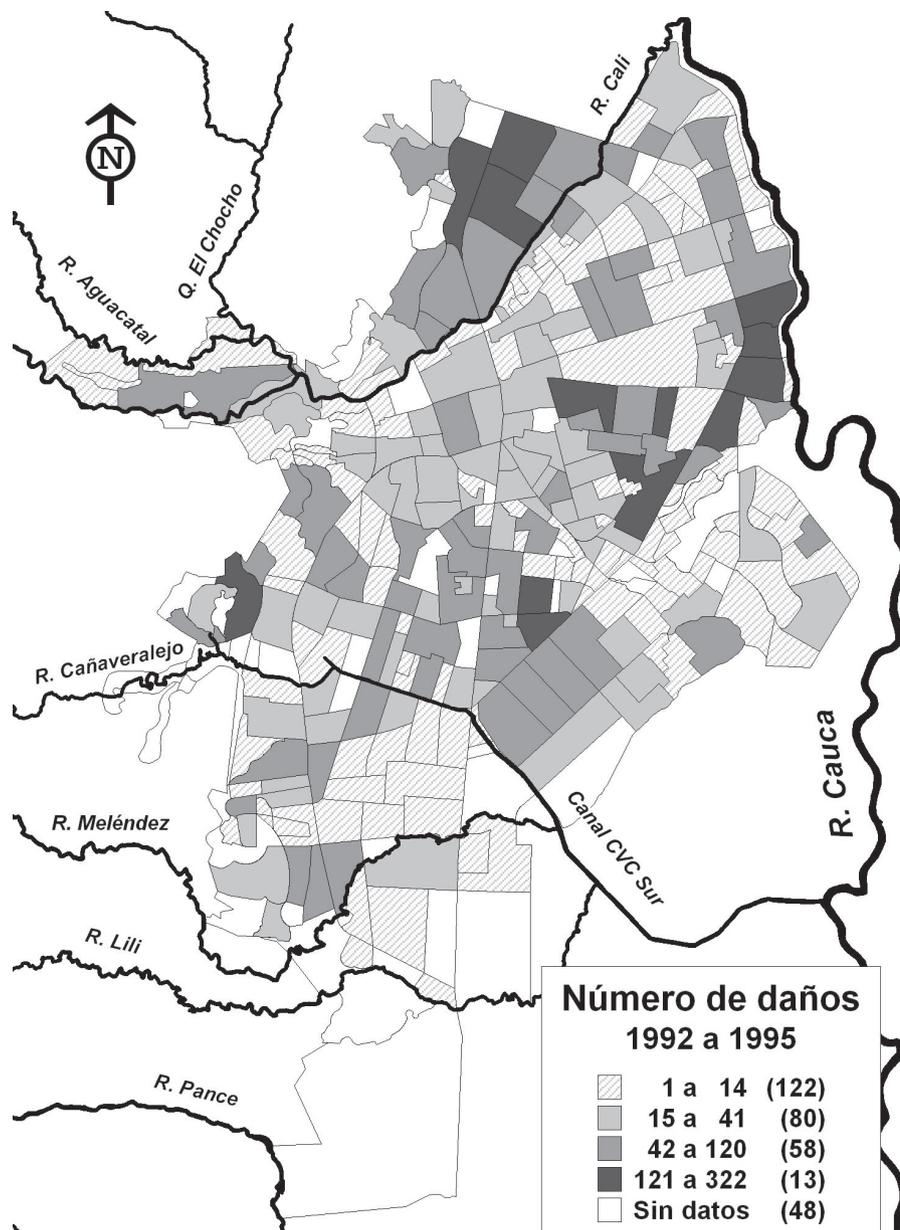


Figura 4. Posible correlación entre daños en redes de acueducto y suelos expansivos

**Cali: residuos sólidos y líquidos, 1960 - 2006**

- ↑ Salud pública (?)

  - Agrietamientos
  - Legalización
  - Barrios informales
  - Escombreras
  - Basureros
  - Humedales
- Escombreras recientes
- Navarro, originalmente excavación para préstamo de limos para construir el jarillón
- Aguas residuales, Canal CVC Sur
- ← Bocatoma Acueducto

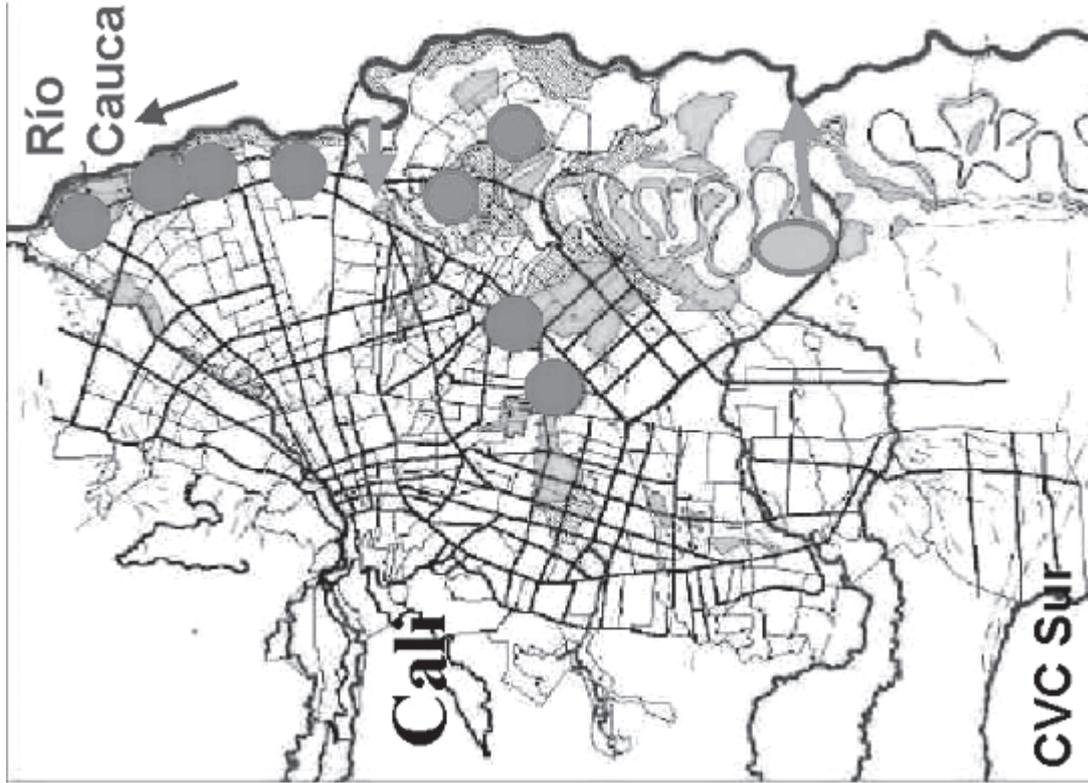


Figura5. Estratigrafía reciente y simplificada de la llanura de inundación del río Cauca en Cali

Amenaza sísmica. En el occidente de Colombia, y más aún en el suroccidente se libera más del 90% de la energía sísmica que afecta el territorio. La principal fuente, la falla de subducción, generó, entre otros, el mayor terremoto conocido en el país, el sismo colombo-ecuatoriano del 31 de enero de 1906 (magnitud 8,6), que afectó todas las edificaciones altas de la ciudad en esa época (cúpulas y torres de iglesias). La zona de Wadati-Benioff (fricción entre la placa de Nazca y el continente, entre el Valle del Cauca, Chocó y Eje Cafetero), ha generado, en promedio, un terremoto con magnitud alrededor de 6,5 cada diez años durante los últimos 100, con profundidades entre 70 y 150 km. Por otro lado, las fallas corticales cercanas no han tenido efectos generalizados desde el terremoto de julio de 1766 que destruyó la ciudad. Cali empezó el estudio de la amenaza y riesgo sísmicos con el surgimiento del OSSO a través de un convenio entre la Universidad del Valle, la CVC y el Municipio. Muchos avances se dieron desde entonces hasta que finalmente el Municipio contrató el estudio de microzonificación con Ingeominas (figura 6) en diciembre de 2002 (Ingeominas, Dagma, AIV, 2006).

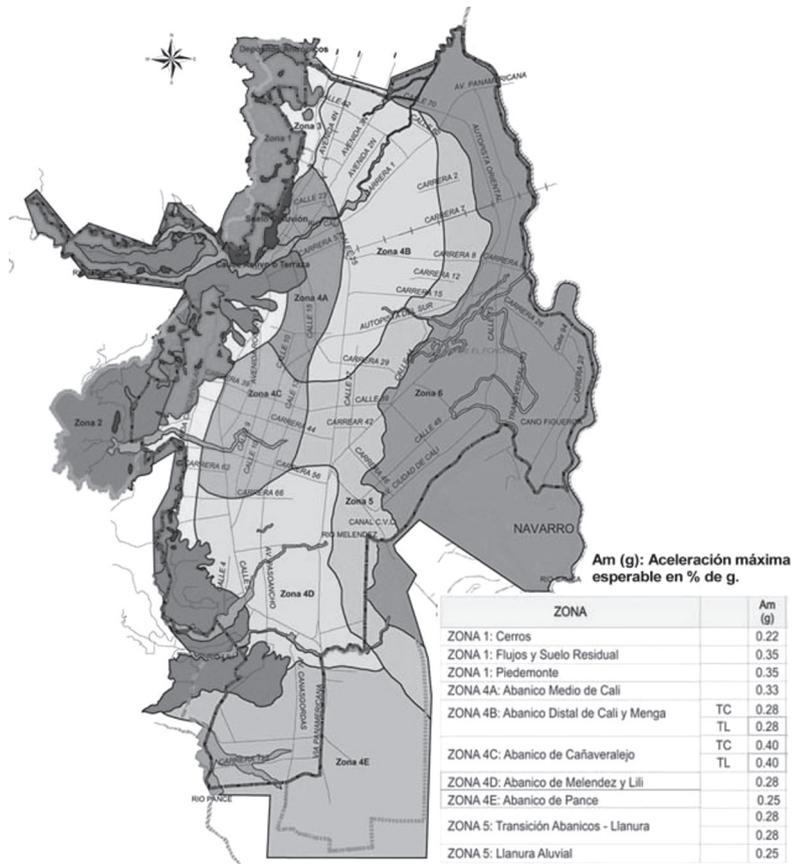


Figura 6. Microzonificación sísmica de Cali

El último sismo importante en la ciudad ocurrió el 15 de noviembre de 2004, situado en el mar frente a Pizarro (sur del Chocó), con daños en 40 edificaciones de entre 10 y 20 pisos, incluidas dos clínicas que salieron de servicio. La evaluación de efectos se hizo con base en más de 200 encuestas aplicando la Escala Macrosísmica Europea EMS-98 (Grüntal, 1998), que permitió ratificar zonas con efecto de sitio previamente identificadas (Rosales, 2000). En la figura 7 (Rosales et al., 2005) se muestra el mapa de intensidades en la ciudad. El sismo estuvo acompañado de luces sísmicas igual que ocurrió en el valle del Cauca durante el sismo del 23 de noviembre de 1979 (OSSO, 2004).

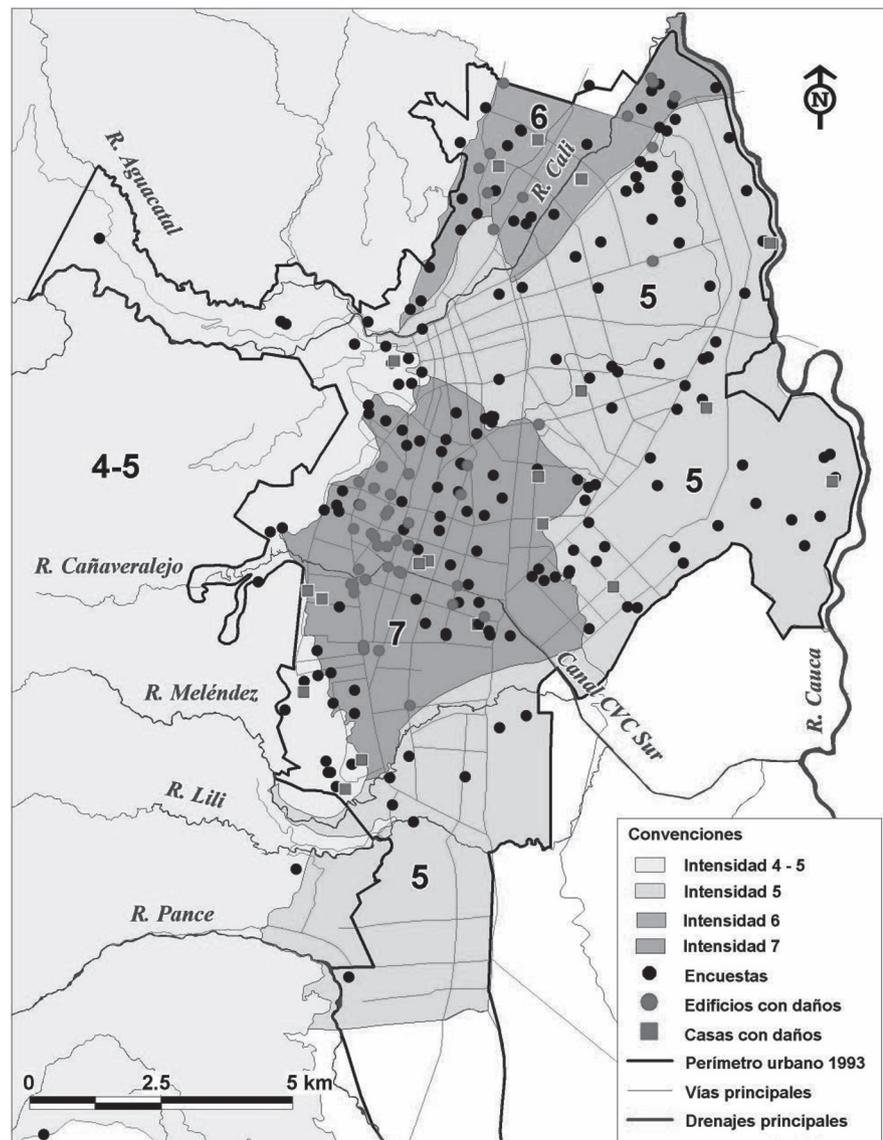


Figura 7. Intensidades del sismo de Pizarro (noviembre 15 de 2004) en Cali

## Ordenamiento territorial

Atendiendo lo ordenado por la Ley 388 de 1997, la Administración Municipal, en cabeza del Departamento Administrativo de Planeación, formuló el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio Santiago de Cali que fue adoptado mediante el Acuerdo Municipal 069 del 26 de octubre de 2000.

El modelo de ocupación definido por el POT busca tanto la expansión urbana como la densificación de la ciudad construida y el desarrollo de los vacíos urbanos. Sólo una de las cinco áreas propuestas inicialmente por el municipio como suelo de expansión urbana, la ubicada al sur de la ciudad sobre los abanicos de los ríos Pance y Meléndez y denominada corredor Cali-Jamundí, fue aceptada por la autoridad ambiental (CVC) en desarrollo del proceso de concertación del POT previsto por la Ley, argumentando ausencia de conocimiento suficiente sobre variables físicas y ambientales que sustentaran tal destinación para tres zonas ubicadas en las laderas occidentales y una en la llanura aluvial del río Cauca.

El municipio insistió en su modelo de expansión y la discrepancia con la CVC fue resuelta por el entonces Ministerio del Medio Ambiente definiendo las cuatro zonas no concertadas como áreas con régimen diferido, sobre las cuales deberían adelantarse una serie de estudios (estabilidad de laderas, microzonificación sísmica, hidrogeología, inventario de humedales, inundabilidad) a partir de los cuales se sustentará la destinación final de esos terrenos. Al momento de la preparación del presente documento (2006) la Administración Municipal ha consolidado la propuesta de una serie de ajustes al POT y ha iniciado los trámites de ley para su adopción que esperan culminarse a mediados del 2007; en este ajuste se incluye la determinación de las áreas con régimen diferido como suelo de expansión urbana con base en los resultados de los estudios exigidos por las autoridades ambientales, que ya se adelantaron.

El Plan de Ordenamiento Territorial incorporó el conocimiento hasta ese momento disponible (año 2000) sobre los valores ambientales y las amenazas naturales, haciendo uso de la novedosa y clara figura aportada por la Ley al definir el suelo de protección como una de las clasificaciones estructurantes del suelo municipal que debía considerarse y la cual se superpone a las otras categorías (suelo urbano, suelo de expansión urbana y suelo rural). El POT define entonces dos clases de suelo de protección: suelo de protección ambiental y suelo de protección por amenazas naturales.

Como suelo de protección por amenazas naturales se incluyen los terrenos del parque nacional natural farallones de Cali, la zona de reserva forestal definida por el Gobierno Nacional desde los años 40, los bosques, los guaduales, y las corrientes de agua y los humedales con sus correspondientes márgenes forestales protectoras. En la categoría de suelo de protección por amenazas naturales se incluyeron las zonas de amenaza alta y muy alta por movimientos en masa definidas por una serie de estudios detallados adelantados por el DAPM desde 1992, así como las zonas inundables de la llanura aluvial del río Cauca que se ubican por debajo de la cota 960 msnm y que no están protegidas por el jarillón o dique, y las zonas marginales de los ríos que descienden de la

Cordillera Occidental y que están expuestas a los desbordamientos de estas corrientes. Aunque aún no se tenía su delimitación exacta, el POT también definió como suelo de protección por amenazas naturales los terrenos donde se identificara potencial de licuación de suelos inducida por vibraciones sísmicas, cuya presencia es esperable en el oriente de la ciudad sobre la llanura de inundación del Cauca.

En cuanto a las estrategias para la reducción del riesgo por fenómenos de origen natural, el POT considera la ejecución de actividades para controlar la ocupación desordenada de las laderas occidentales y la llanura aluvial del oriente y para reubicar las viviendas ubicadas en “zonas de alto riesgo no mitigable”, e incorpora dentro de las normas urbanísticas un tratamiento denominado “de mejoramiento integral” aplicable a los asentamientos humanos de desarrollo incompleto. Implícitamente las políticas, estrategias y acciones que propone el POT para disminuir el déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda se orientan también a reducir el riesgo, ya que generando oferta formal de vivienda se evita la ocupación de terrenos con severas restricciones, y mejorando las condiciones de la vivienda y el entorno se intervienen factores de vulnerabilidad (por ejemplo, resistencia de las construcciones) y de amenaza (por ejemplo, actividad hídrica superficial).

### Principales conflictos, conclusiones y recomendaciones

Debe mencionarse la ocupación urbanística de la llanura de inundación del río Cauca por cerca de un millón de habitantes sobre suelos, en parte expansivos, licuables y/o sobre antiguos basureros y escombreras; la ocupación parcial de los diques (jarillones) de protección contra inundaciones y riesgos, poco cuantificados aún, asociados a inundaciones por eventual falla de los diques, o por la ocurrencia de periodos lluviosos extremos que superen su capacidad. Se requiere la relocalización de población y reforzamiento del dique (jarillón); así como la evaluación de potencial de inundaciones a 50, 100 y más años y tomar medidas para el reforzamiento de sistemas vitales (acueducto, alcantarillado, energía, hospitales y escuelas, etc.).

Se requiere establecer el debilitamiento de viviendas e infraestructura, especialmente sobre suelos blandos, expansivos, o de rellenos, que prefiguran riesgos asociados tanto a los mismos suelos como a la vulnerabilidad física o funcional de las edificaciones e infraestructura sanitaria, especialmente en caso de terremoto.

Debe limitarse el avance de la ocupación de la ladera sobre terrenos inestables y la adopción de prácticas que inducen la inestabilidad (modificación de topografía original, conexiones rudimentarias e informales a redes de acueducto y alcantarillado).

Existen debilidades por vulnerabilidad social, cultural, institucional, política y de tomadores de decisiones, por lo que es necesario impulsar desde los candidatos a dirigentes (alcalde, gobernador, concejales, directivos institucionales y gremiales), la reactivación del liderazgo que la ciudad tuvo en evaluación de amenazas y mitigación de riesgos, incluyendo, entre otros, un plan de largo alcance para disminuir la vulnerabilidad sísmica, por inundaciones y deslizamientos.

Finalmente, la ciudad, los municipios vecinos, incluidos los del norte del departamento del Cauca y sobre todos sus dirigentes, deberían abandonar sus visiones “municipalistas” y generar conciencia (políticas, programas, planes y acciones) que permitan avanzar en la construcción de una región de tipo metropolitano con mayores capacidades de enfrentar los retos sociales, económicos y de manejo de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, de los próximos decenios.

## Bibliografía

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI, DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL (2005). *Cali en cifras 2005*. Impresora Feriva, Cali, 120 p.

ÁLVAREZ, A. & S. TENJO (1971). “Hidrogeología del río Cauca entre Santander de Quilichao y el río Sonso”. Informe Ingeominas No. 1568, Informe C.V.C. No. 71-4. Bogotá-Cali. 1 Vol., anexos, mapas.

ARIZABALETA DE G., M.T. & M. SANTACRUZ, (1981). “Procesos históricos del desarrollo urbano de Cali”. En: *Santiago de Cali, 450 años de historia*. Dirección de Comunicaciones, Alcaldía de Cali (edit.). Editorial XYZ, Cali. 320p.

ARBOLEDA, G., (1956 Y 1957). *Historia de Cali. Desde los orígenes de la ciudad hasta la expiración del periodo Colonial*. Biblioteca de la Universidad del Valle. T. I, 420p., T. II, 411p., T. III, 310p. Talleres de Carvajal & Cia., Cali.

BOTERO, F (1981). *La ciudad colombiana*. Biblioteca de Autores Antioqueños. # 58. Edinalco Ltda. Medellín. 492p.

CATASTRO MUNICIPAL SANTIAGO DE CALI, (1995). Mapa digital de Cali. (Curvas de nivel cada 5 metros y drenajes urbanos y suburbanos, escala 1:1000). Información preliminar en medio magnético del Sistema de Información Geográfica de Cali - SIGCALI.

COLLAZOS, H. (1996). *Historia de la basura en Cali*. Imprenta Encuadernación, Cali, 65 p.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA-DANE (2006). Censo general 2005. Resultados Censales (datos del Valle del Cauca). Obtenido en noviembre de 2006 de la red mundial en: [http://200.21.49.233/Tot\\_censo05/Index.asp](http://200.21.49.233/Tot_censo05/Index.asp).

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL-DAPM (1994). Archivos digitales de información cartográfica de Cali, Subdirección de Informática y Sistematización.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL-DAPM, MUNICIPIO DE CALI (2000). Plan de Ordenamiento Territorial. Disponible en: <http://www.cali.gov.co/publico2/pot/ipsoporte.html> y en: <http://planeacion.cali.gov.co/>

ESPINAL, L.S., ET AL (1977). Mapa ecológico de Colombia. Escala 1:500 000. IGAC, Bogotá.

GRÜNTAL (1998) Editor. *Escala macrosísmica europea*. Edición en español disponible en: [http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projects/ems/sp/index\\_sp.html](http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projects/ems/sp/index_sp.html)

\_\_\_\_\_ (ed.) (1998) “European Macroseismic Scale 1998”. En: *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, 15, Luxembourg, 99 pp. Disponible en <http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projects/ems/sp/>

INGEOMINAS, DAGMA, AIV, (2006). *Microzonificación sísmica de Cali*. Instituto Colombiano de Geología y Minería, Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, Asociación de Ingenieros del Valle. Obtenido de la red mundial en noviembre de 2006 en: <http://calisismica.com/>

JIMÉNEZ, N. (2005). *Elementos históricos y urbanos en la generación de desastres por inundaciones y deslizamientos en Cali, 1950-2000*. Trabajo de grado. Nayibe Jiménez. Historia. Director: Geol. Andrés Velásquez. Universidad del Valle, 2005. Disponible en: <http://osso.univalle.edu.co/doc/tesis/2005/>

LÓPEZ, M. & H. VOCKLER (2000). *Evaluación de los niveles potenciométricos en el acuífero de Cali*. OSSO - Universidad Técnica de Berlín, en colaboración con la Corporación OSSO. Informe a CVC y DAGMA. Disponible en: <http://osso.univalle.edu.co/doc/proyectos/2000/potenciometricos/CaliPotenciomJun00.pdf>

MEYER, H.J., (Relator) (1990). "Proyecto integral para la mitigación del riesgo sísmico en Cali". En: Memorias, Seminario Internacional Desastres Sísmicos en Grandes Ciudades. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia y Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. pp 89-116.

MUNICIPIO DE CALI, SECRETARÍA DE GOBIERNO (2006). *Plan para la mitigación de riesgos en Cali*. A. Velásquez, OSSO, edit. Feriva Impresores, Cali., 202 p. Disponible en la red mundial en: <http://osso.univalle.edu.co/doc/publicac/1996/>.

OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DEL SUROCCIDENTE-OSSO (2004). "Sismo de Pizarro, noviembre de 2004". Informe especial disponible en: <http://osso.univalle.edu.co/seismic/informes/sismo11152004/>.

OSSO PARA DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DE CALI, (1995A). "El riesgo sísmico en la planificación urbana". Informe final. Inédito, Convenio Interadministrativo DAPM/OSSO. I Etapa. 45 p. mapas, anexos.

\_\_\_\_\_ (1995b). "Aproximación a las variables físicas ambientales para la reglamentación urbana". Informe inédito. OSSO, Cali, 67p., anexos, 37 figuras y mapas.

ROSALES, C. (2000). *Sobre el comportamiento sísmico de los depósitos de suelos del área de Cañaveralejo, Cali, Colombia*. Tesis de grado. Ingeniería Civil. Cristina Rosales. Director: Prof. Hansjürgen Meyer. Universidad del Valle. Disponible en: <http://osso.univalle.edu.co/doc/tesis/2001/>

\_\_\_\_\_ (2001). *Sobre el comportamiento sísmico de los depósitos de suelos del área de Cañaveralejo, Cali, Colombia*. Tesis de grado. Ingeniería Civil. Director: Prof. Hansjürgen Meyer. Universidad del Valle. 274 p. Anexos.

ROSALES, C.H., PERALTA, L., LLANOS & A. VELÁSQUEZ (2005). "El sismo del 15 de noviembre de 2004: mapa de intensidades sísmicas para Cali". En: Memorias (CD-Rom) III Congreso colombiano y VIII Seminario internacional de ingeniería sísmica. Santiago de Cali, noviembre 16 al 18 de 2005. Universidad del Valle, Asoc. Col. De Ing. Sísmica, editores.

VELÁSQUEZ, A. & N. JIMÉNEZ (2004). "La gestión de riesgos en el ordenamiento territorial: inundaciones en Cali, la CVC y el fenómeno ENSO". En: Memorias Seminario Internacional Ambiental CVC 50 años. Cali, septiembre 13 al 17 de 2004. Disponible en: <http://osso.univalle.edu.co/doc/congresos/2004/>

VELÁSQUEZ, A. & HJ. MEYER., (1992). "Un estimativo de pérdidas por desastres en el Valle del Cauca durante el decenio 1980". En: M. Hermelin (Editor). *Agid Report* No. 13. U. EAFIT, Medellín, cap. 40.

\_\_\_\_\_ (1994). "Ofertas y amenazas ambientales en Cali". En: Publicaciones Ocasionales del OSSO, No. 3. Universidad del Valle, Centro de Publicaciones de Ingeniería. Cali, 37 p.



# Cúcuta

Yacir A. Ramírez Luengas

## Aspectos biofísicos

### Localización geográfica

La ciudad de San José de Cúcuta es la capital del departamento de Norte de Santander y el núcleo del área metropolitana de Cúcuta, que reúne además los municipios de El Zulia, Los Patios, San Cayetano, Villa del Rosario y Puerto Santander.

Ubicada a 72° 29' 4" de longitud oeste y 7° 54' 5" de latitud norte, es una ciudad geográficamente privilegiada por ser límite entre Colombia y Venezuela; es además la frontera más dinámica del territorio colombiano. La extensión territorial es de 1160 km<sup>2</sup> (área cabecera municipal 7061 ha), está ubicada a 320 metros sobre el nivel del mar—msnm, con temperatura promedio de 30°C; la ciudad fue fundada el 28 de febrero de 1733.

### Contexto binacional

El área fronteriza colombo venezolana de Cúcuta y su área metropolitana binacional (Cúcuta, Villa del Rosario, Patios, San Cayetano, Zulia, San Antonio, Ureña, San Cristóbal), ha sido el escenario histórico de intercambios y relaciones sociales y económicas que convierte a Cúcuta en parte de un Sistema Regional Binacional (Municipio de Cúcuta, 2000).

La apertura económica le ha generado ventajas comparativas de localización, que le exigen importantes transformaciones, por lo que hoy la ciudad y la región muestran un futuro próspero, que se refleja en la construcción de megaproyectos que cambiarán definitivamente el entorno urbano de la ciudad.

Cabe resaltar la existencia de una serie de ventajas y desventajas que favorecen o debilitan las condiciones actuales de Cúcuta. A partir de 1992, las relaciones binacionales se han estrechado, especialmente las comerciales, sin que ello traiga beneficios palpables a la población del área metropolitana, la cual deteriora su nivel de vida diariamente.

Pero existen fortalezas y algunas se traducen en acciones, caso del programa de Desarrollo Integral Fronterizo Colombo-Venezolano, (BID-CAF) para impulsar el desarrollo del área, dentro de objetivos e intereses comunes. Se destacan proyectos viales importantes como el del Mesón (represa del río Táchira localizado a 10 km del puente internacional Simón Bolívar) y la represa del Cinera en el departamento del Norte de Santander.

Lo anterior evidencia una región donde los centros urbanos empiezan a adquirir roles funcionales dentro de jerarquías complementarias; es el caso de

Cúcuta como centro principal. Este papel funcional otorgado a estos centros urbanos plantea una situación binacional que estructura un sistema regional metropolitano-binacional con características complementarias, que conforman una unidad socio-económica y territorial.

Esta prospectiva del desarrollo regional del área metropolitana de Cúcuta y la zona de integración fronteriza, hace visualizar un futuro deseable para la zona norte y occidental de la ciudad, en donde confluyen la infraestructura existente y planeada, que permite convertir a mediano y largo plazo un proyecto de ciudad, integrador de distintos subsistemas, en un solo sistema denominado *Puerto Terrestre*.

#### Aspectos bióticos

La vegetación de la zona se describe por medio del sistema de zonas de vida. Un 96,8% del territorio municipal se encuentra en área rural. El municipio cuenta con las siguientes zonas de vida: Bosque muy seco tropical (Bms-T), Bosque Seco Tropical (Bs-T), Bosque húmedo tropical (Bh-T) Bosque Seco Premontano (Bs-PM) (Espinal, 1977).

Se registran zonas con rangos de precipitación que van desde los 500 mm hasta los 3000 mm anuales. Los menores promedios se presentan en la ciudad de Cúcuta y sus alrededores, es decir en la región centro y sur del municipio. Los mayores promedios se registran en la zona norte donde se presentan precipitaciones que pueden alcanzar hasta 3000 mm/año. La característica temporal es de régimen bimodal con valores mayores hacia los meses de marzo-mayo y septiembre-octubre-noviembre.

El área urbana del municipio de Cúcuta se encuentra en el piso térmico cálido, localizado en el 98% del territorio y corresponde a altitudes menores a los 1000 msnm, con una zona de transición hasta 400 msnm y una temperatura media anual superior a 24°C (temperatura media de 27°C, máximas media de 32°C, máximas absolutas de 35°C, mínimas de 21°C, mínimas absolutas de 18°C).

#### Hidrología

El municipio de Cúcuta es parte de las cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita, San Miguel, quebrada la Floresta y las subcuencas de los ríos Táchira y Guaramito, las cuales hacen parte de la cuenca del Catatumbo, que entrega sus aguas al lago de Maracaibo en Venezuela. A su paso por el área urbana, el río Pamplonita recibe vertimientos de aguas residuales permanentes y drenajes del alcantarillado pluvial; al noreste recibe las aguas del río Táchira, que aumentan su caudal y el volumen de contaminación.

La región circundante a la ciudad de Cúcuta depende en gran parte de la cuenca del río Pamplonita, cuyo caudal es insuficiente durante la mayor parte del año para satisfacer la demanda. El río Pamplonita presenta grandes variaciones en su caudal a lo largo del año, determinado por la pérdida de la capacidad de regulación hídrica de la cuenca, originada por la remoción o severa degradación de la vegetación de las cabeceras y márgenes del río y de sus tributarios (figura 1).



Figura 1. Invasión de la ronda de río Pamplonita Conjunto Residencial (las aguas residuales son vertidas directamente a la corriente hídrica)

Según el Plan Ambiental del departamento Norte de Santander y extractos del estudio nacional de aguas (Ecofores Ltda. y Agroforiente, 1993 y Fonade), las proyecciones para 1995 de la cuenca del río Pamplonita daban una disponibilidad media de 2 160 000 m<sup>3</sup>/día, en tanto que la demanda es de 251 487 m<sup>3</sup>/día, lo cual representa tan sólo el 10,6 % de la oferta.

El río Pamplonita se encuentra seriamente contaminado con sólidos en suspensión y contaminación bacteriológica de las aguas servidas de la mayor parte poblada del departamento de Norte de Santander: Cúcuta, Pamplona, Pamplonita, Chinácota, Bochalema, Herrán, Los Patios, Ragonvalia y Villa del Rosario, lo que ocasiona altos costos de tratamiento (figura 2).

En 1991 la producción de agua filtrada era de 46 797 000 m<sup>3</sup> (128 210 m<sup>3</sup>/día) y en 1996 de 65 073 000 m<sup>3</sup>, lo cual representa un incremento del 39% en 6 años, y un aumento de suscriptores del acueducto del 25%, pasando de 78 346 en 1991 a 98 591 en 1996 (Oficina de Planeación del Municipio de Cúcuta, 1998). Esto refleja la necesidad del servicio básico de agua para una población que tiende a duplicarse cada quince años. Desde este punto de vista, la capacidad instalada de producción de agua apenas alcanzará para cubrir las necesidades de menos del 80% de la población en los próximos años, especialmente en algunos barrios periféricos que reciben agua solamente unas horas a la semana.

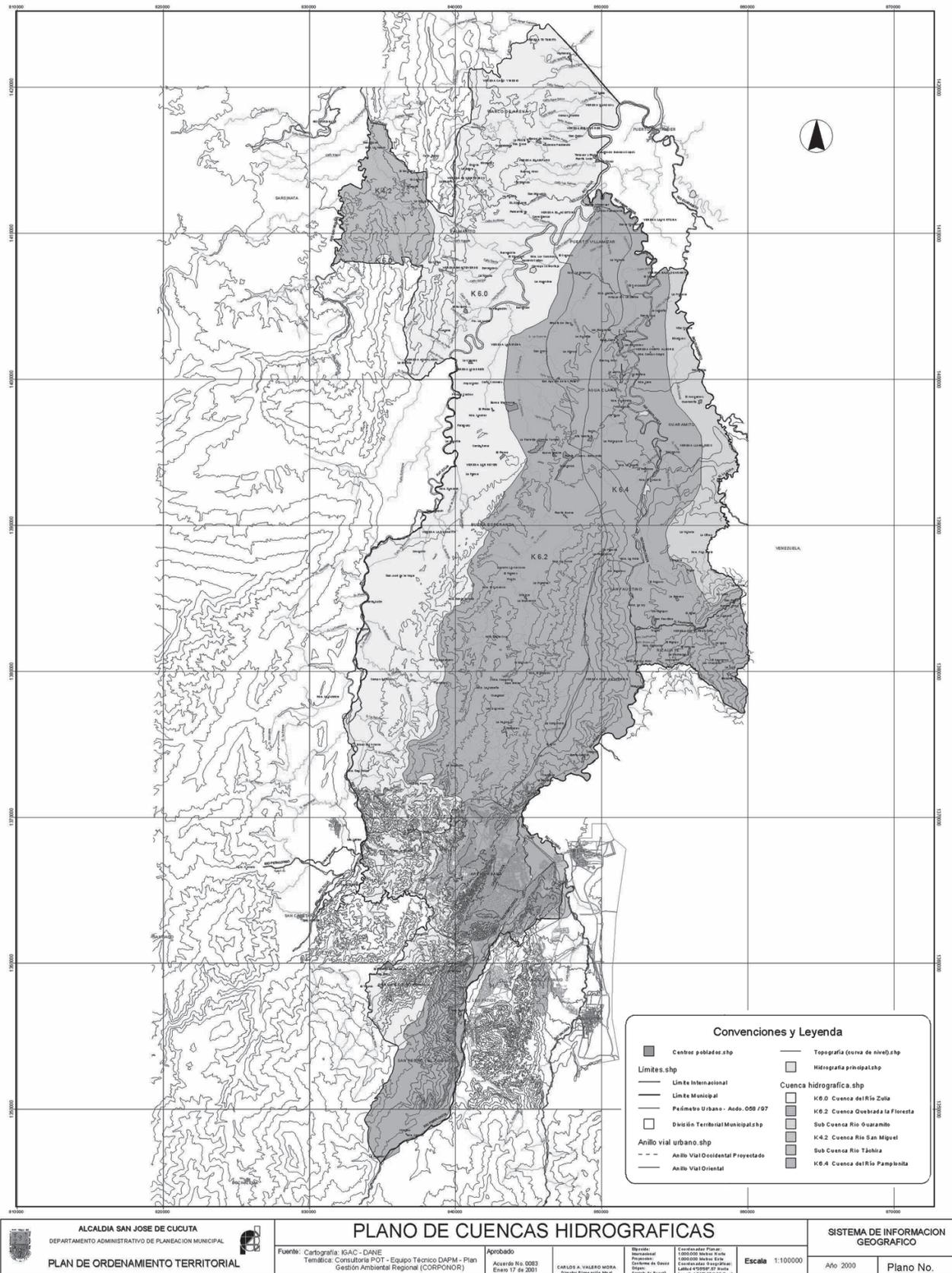


Figura 2. Cuencas hidrográficas

Según la hipótesis de crecimiento alta, las necesidades totales de agua para Cúcuta, para el final del período 1979-1999 se han calculado en 240 000 m<sup>3</sup> diarios para una población aproximada de 800 000 habitantes urbanos conectados. De acuerdo con las capacidades existentes, Cúcuta requerirá la construcción de un nuevo acueducto en los próximos años, el cual deberá diseñarse y construirse teniendo en cuenta las proyecciones de una ciudad en crecimiento acelerado.

Las localidades de Villa del Rosario y Los Patios tienen un acueducto que se surte del río Táchira, el cual tiene limitaciones en los meses de verano, por ser una corriente compartida con Venezuela; adicionalmente, el agua presenta contaminación bacteriológica y sólidos en suspensión lo que produce altos costos de tratamiento.

#### Aguas subterráneas

El agua subterránea se explota con aljibes y pozos poco profundos; se emplea en parte para el consumo humano y ocasionalmente para uso industrial. Se han realizado alrededor de catorce estudios y/o perforaciones en diferentes zonas del área metropolitana de Cúcuta (Ingeominas, 1982), y se determinaron tres zonas para la producción de aguas subterráneas: El Mosquito, La Libertad y Villa del Rosario. El agua subterránea de Cúcuta es dura y para los diferentes usos, es conveniente realizar una cloración adicional. La deficiencia de agua puede llegar a ser atendida a costos competitivos con la utilización de aguas subterráneas, puesto que se presentan acuíferos primarios y secundarios de cierta extensión e importancia, especialmente en los sedimentos no consolidados y en forma secundaria en las rocas terciarias y cretácicas, plegadas y falladas (Ecofores Ltda. & Agroforiente, 1993, en Gobernación de Norte de Santander, 1993).

Con respecto al movimiento de las aguas subterráneas, se determinaron flujos en los acuíferos cuaternarios de los valles de los ríos Pamplonita y Táchira; allí se presentan dos niveles freáticos y piezométricos: niveles en el acuífero cuaternario del sector sinclinal de Cúcuta en el valle del río Pamplonita; niveles en el acuífero cuaternario de los sectores Villa del Rosario, La Libertad y El Escobal en el valle del río Táchira.

Los pozos perforados en la zona de El Mosquito abastecerán las vecindades del barrio Guaimaral y las futuras urbanizaciones que se construyan al norte del mismo. Es posible pensar en una conducción para abastecer una parte del sector del barrio San Luis con pozos ubicados en el extremo sureste de la zona. Los pozos perforados en la zona de La Libertad pueden abastecer una parte del barrio La Libertad mediante una conducción y bombeo al tanque elevado.

#### Geología

Las siguientes son las formaciones geológicas que afloran en la zona (Ignominias) (figura 3).

Tabla 1. Unidades cronoestratigráficas, litoestratigráficas, litológicas e hidrogeológicas de interés para el suministro de aguas subterránea en Cúcuta

Crono-estratigrafía	Litoestratigrafía	Litología	Características hidrogeológicas
CUATERNARIO	Terrazas y aluviones recientes	Gravas, arenas y arcillas	Acuíferos en gravas y arenas
	Complejo de limos y cantos rubificados	Cantos y bloques de arenisca en matriz limo arcillosa	Zonas altas y secas, saturadas en la base
TERCIARIO	Grupo Guayabo	Conjunto arenoso	Acuíferos pobres en areniscas
		Conjunto arcilloso	Acuicludo
	Formación León	Arcillositas	Acuicludo
	Formación Carbonera	Arcillolitas, areniscas, niveles carbonosos y calcáreos	Permeabilidad primaria baja: agua con gas metano principalmente. Permeabilidad secundaria regular: agua im potable, salobre y dura. Acuífero con agua de mala calidad según análisis físico químicos.
	Formación Mirador	Areniscas finas a gruesas, en parte conglomeráticas	Rocas cementadas bien fracturadas. Agua con aceite. Acuífero contaminado (contaminación con aceite, Pozo Petrolero Rosario 1)

Fuente: Ingeominas, 1978-1979.

## Formación Los Cuervos (Tpc)

Notestein y otros (1944, en Ingeominas, 1981) describen esta unidad nombrada por la quebrada Los Cuervos, en el área de la Concesión Barco. Está constituida por lodolitas carbonosas y areniscas interpuestas, con capas de carbón hacia la parte inferior.

## Formación Mirador (Tem)

Definida por Garner (1926) en Venezuela, fue introducida en Colombia por Notestein y otros (1944). Está compuesta por areniscas de cuarzo, en parte conglomeráticas, con algunas intercalaciones de lodolitas grises.

## Formación Carbonera (Tec)

Es una alternancia de lodolitas grises, sideríticas, con areniscas gris verdosas; hacia la base y parte alta se tienen capas de carbón y estratos delgados de caliza. Deriva su nombre de la quebrada Carbonera (Notestein et al., 1944, en Ingeominas, 1981).

## Formación León (Tol)

Consta de arcillolitas gris verdosas que varían a limolitas hacia la parte superior e inferior. Mencionada originalmente por Hedberg, fue descrita por Notestein y otros (1944 en Ingeominas, 1981) en la quebrada León, al nororiente del departamento; en el área de Cúcuta se ubica hacia la parte norte.

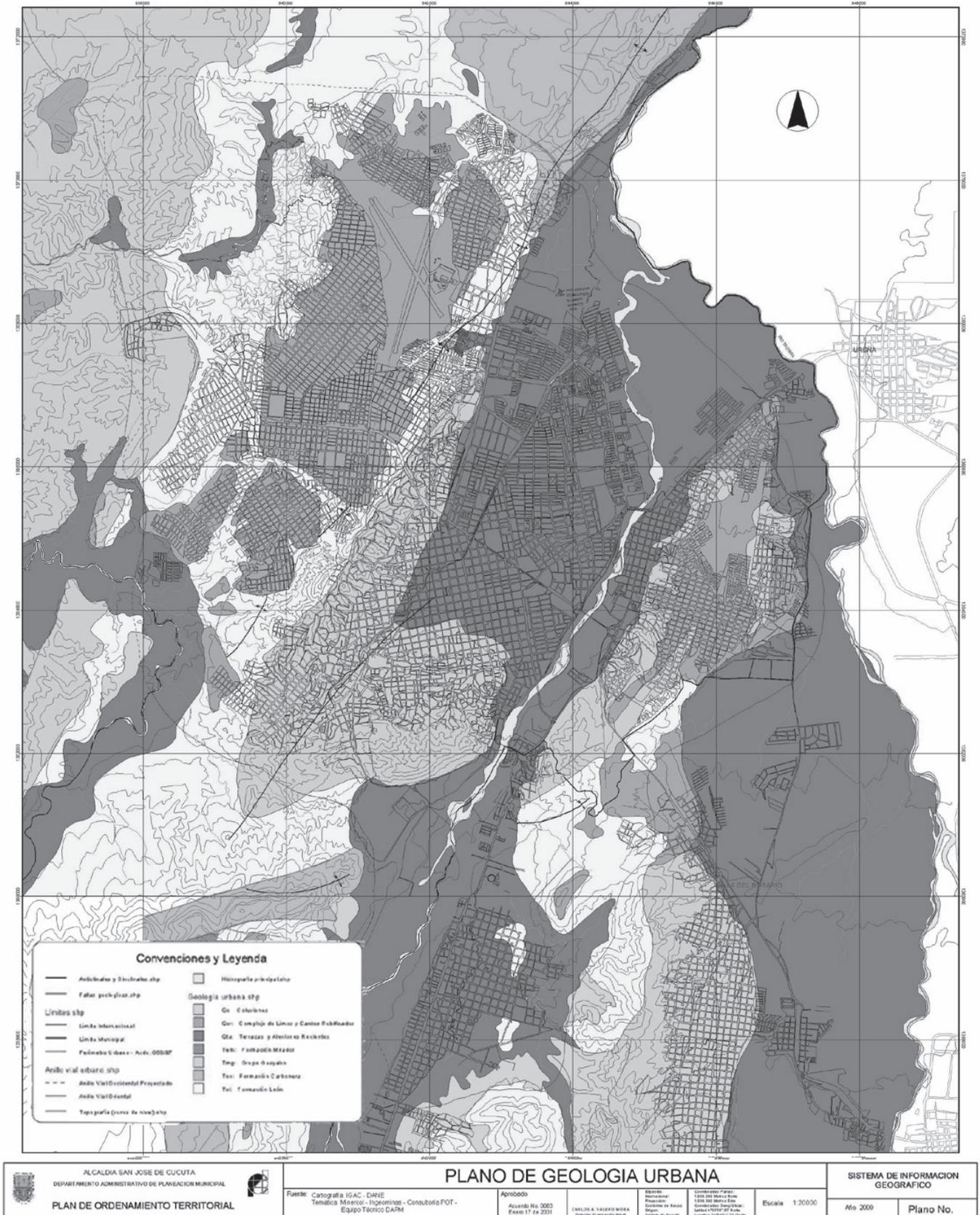


Figura 3. Geología urbana

### LEYENDA ESTRATIGRAFICA

E D A D		Espesor en Mts	Gal	UNIDAD ESTRATIGRAFICA			
Quaternario	Reciente Pleistoceno						
C E N O Z O I C O	T E R C I A R I O			Aluviones, pedimentos, derrumbes, terrazas			
		MIOCENO	1800 2845	Ting Grupo Guayabo			
		OLIGOCENO	545	ToI	Formacion Leon		
		EOCENO	500	Fcc	Formacion Carbonera		
			180	Tem	Formacion Mirador		
		PALEOCENO	300	Fpc	Formacion Los Cuervos		
			90	Fpb	Formacion Barco		
		M E S O Z O I C O	C R E T A C E O	Superior	180	Ksc	Formacion Catatumbo
					455	Ksm	Formacion Mito Juan
				240	Ksc	Formacion Colon	
80	Ksl			Formacion La Luna			
Medio	300			Kmc	Formacion Cogollo <i>capacho</i>		
	450			Kml	Formacion Uribante		
JURA-TRIASICO	?	Rg	Formacion Giron				
P R E - M E S O Z O I C O	R O C A S C R I S T A L I N A S		Esq	Esquistos			
			Gn	Neises			
			Gr	Intrusivos Graniticos			

C - Carbon P - Fosfatos

Figura 3A. Leyenda estratigráfica

### Grupo Guayabo (Tmg)

Lo integran tres formaciones que de más antigua a más joven son: *Cúcuta*, constituida por lodolitas en capas planas paralelas, con interposiciones delgadas de areniscas; *Cornejo*, compuesta por lodolitas alternadas con areniscas y capas ferruginosas; *Urimaco*, conformada por conglomerados, areniscas y lodolitas moteadas (James, 1977; Van Houten, 1984, en Ingeominas, 1981).

### Depósitos Cuaternarios (Qt, Qal)

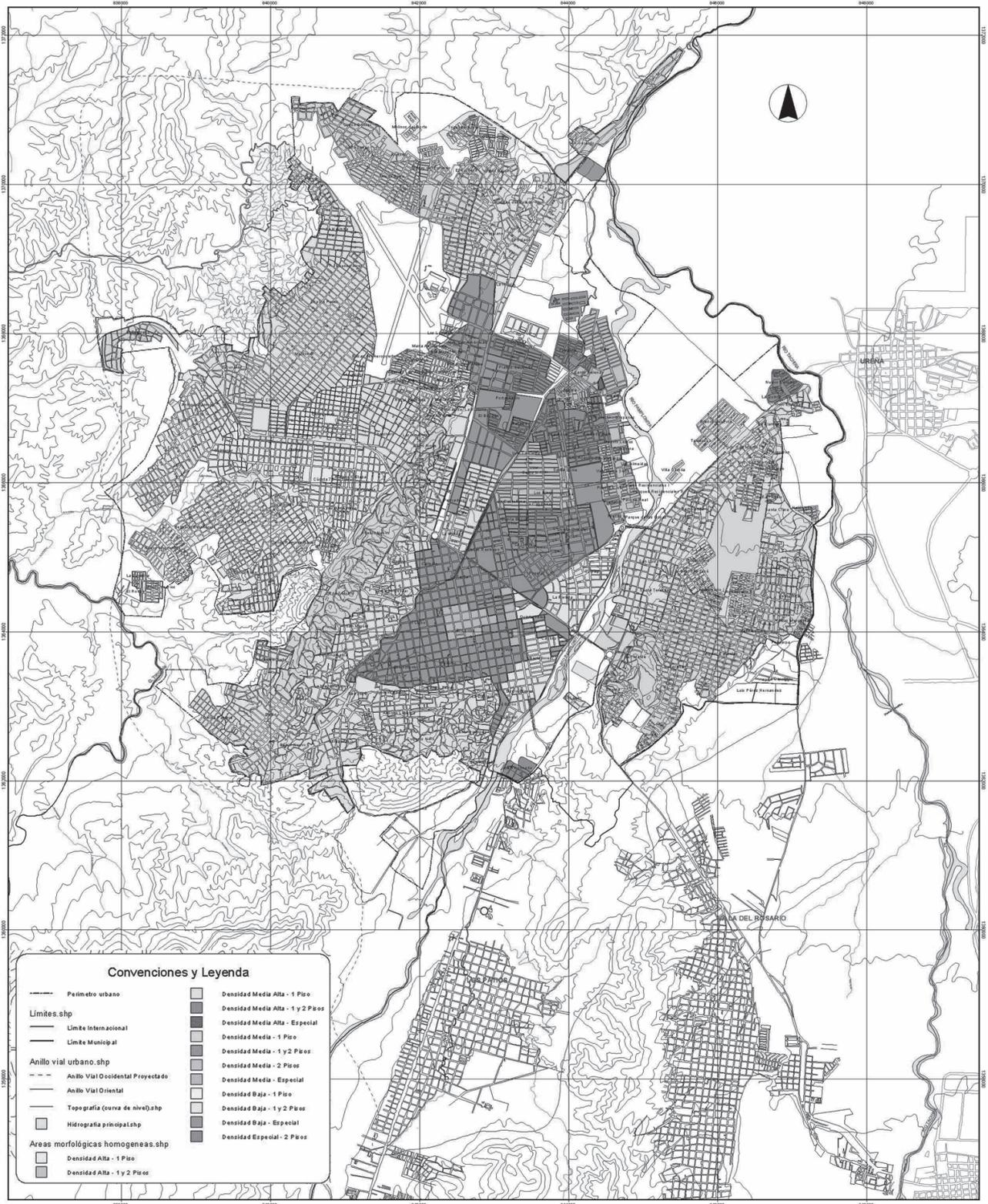
Depósitos pleistocénicos y más recientes se distribuyen a lo largo de los valles de los ríos Pamplonita y Táchira y de las quebradas que conforman la cuenca. Los depósitos de mayor extensión se encuentran hacia la parte central y norte de la cuenca del río Pamplonita. Se han diferenciado dos unidades: Qt, la más antigua, que incluye abanicos aluviales y terrazas residuales, y Qal constituida por aluviones recientes formados por cauces del río y de la quebradas mayores. La mayoría de estos depósitos son acuíferos semi-confinados ya que contienen estratos permeables.

### Tectónica regional

La región donde se encuentra la ciudad de Cúcuta se ubica hacia el extremo norte del terreno geológico denominado como chibcha, cuya adherencia al cratón se evidencia por la paleosutura de Güicaramo. La ciudad se ubica en la cuenca del río Pamplonita, la cual está cruzada por numerosas fallas y en menor proporción pliegues. La naturaleza de las primeras y la magnitud de los segundos ha permitido diferenciar dos regiones: la ubicada hacia la parte centro y sur y la ubicada al norte; con similitudes tales como fallas inversas y pliegues anticlinales y sinclinales amplios, pero diferenciadas debido a que la primera está constituida por bloques levantados y la segunda por un bloque hundido. Lo anterior determina que el estilo estructural es de fallamiento inverso y plegamiento, generando alta susceptibilidad a generación de procesos morfodinámicos de remoción en masa.

### Geomorfología urbana (figuras 4 y 5)

- a. Zona perimetral de la geoforma aterrizada Nidia-Atalaya-Aeropuerto. Esta zona presenta taludes altos, fuertemente inclinados, constituidos por material predominante arcilloso, laminar, suelto o débilmente compactado, por consiguiente, intensamente desintegrado, cuyo comportamiento geomecánico se asemeja al de un suelo granular cuando se encuentra en estado seco.
- b. Zona La Floresta. Localizada en la parte alta de la Quebrada La Floresta, al norte y adyacente al aeropuerto. En esta zona afloran arcillas laminares, que conforman superficies suavemente onduladas y se desarrollan intensos fenómenos de erosión laminar, pequeños pero frecuentes flujos de lodos y fenómenos de carcavamiento favorecidos tanto por las condiciones de desintegración del material como por la ausencia de cobertura vegetal. El resultado es un paisaje desértico, modificado periódicamente por los aguaceros.



<p>ALCALDIA SAN JOSÉ DE CUCUTA DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION MUNICIPAL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p>	<b>PLANO DE AREAS MORFOLOGICAS HOMOGENEAS</b>			SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO	
	Fuente: Cartografía IGAC - DANE Temática: Plan de Desarrollo Mpal. 1998-2000 - Consultoría POT - Equipo Técnico DAPM	Aprobado Acuerdo No. 003 Enero 17 de 2001	CARLOS A. VALERIO MORA Director Planeación Municipal	Escala: 1:20000	Año 2000

Figura 4. Áreas morfológicas homogéneas

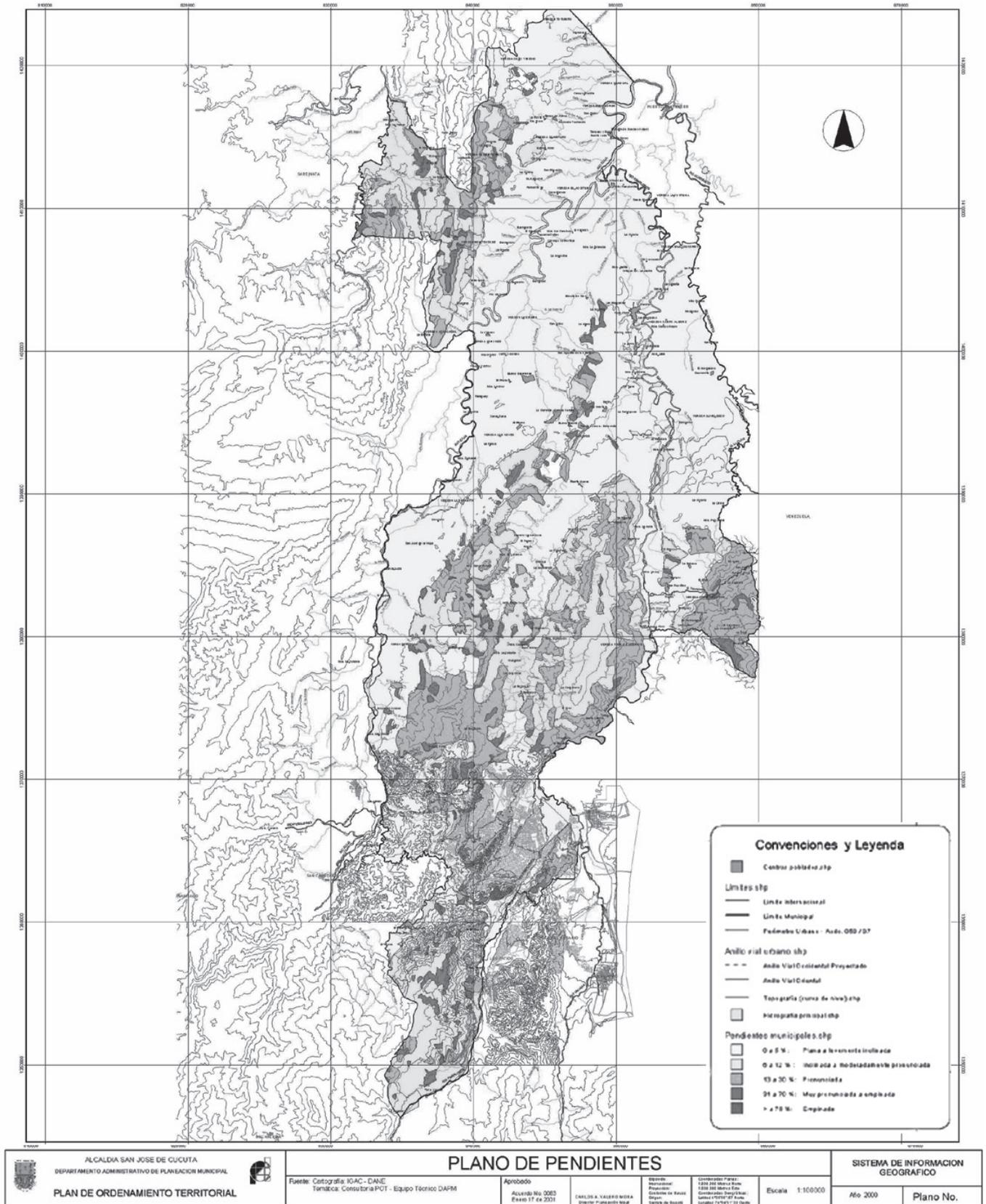


Figura 5. Pendientes

- c. Zona Quebrada Seca. Se encuentra localizada en la parte media y baja de la quebrada Seca y está integrada por arcillas laminares sueltas, cubiertas parcialmente por pastos irrigados con aguas negras y/o vegetación arbus-tiva de tipo cactus y espinos, de baja densidad. En esta zona se desarrollan fenómenos de erosión laminar y lineal, como también, localmente, flujos de lodos en arenas sin cobertura vegetal.
- d. Zona Tonchalá. Hace parte de la cuenca de la quebrada Tonchalá. Está constituida predominantemente por remanentes de terrazas aluviales par-cialmente cubiertas por escasa vegetación. Aquí los fenómenos de erosión son poco frecuentes y de baja intensidad.
- e. Zona perimetral oriental de la colina Atalaya y occidental de la colina del antiguo aeropuerto. Se caracterizan por presentar taludes altos o frecuentemente inclinados, integrados por secuencias sedimentarias es-tratificadas e inclinadas, donde los estratos tienen diferentes espesores y consistencias; se desarrollan en los más blandos y/o fracturados diversas formas de erosión, como deslizamientos planares, caídas de bloques y fenómenos de remoción en masa de gran magnitud.
- f. Zona perimetral oriental de la colina del antiguo aeropuerto, extremo sur. Al sur del tejero, en la parte superior del talud, se generan intensos fenómenos de erosión lineal que originan geoformas escalonadas a lo largo de los drenajes, como resultado de la presencia de niveles de material de mayor consistencia estratificados e inclinados en sentido contrario a la pendiente topográfica.

## Materiales de explotación minera

### Minería del carbón

La minería se realiza en los corregimientos de San Pedro y en el cerro Tasajero (San Faustino) y ha traído como consecuencia la tala indiscriminada de árboles para la entibación de los socavones, lo cual conlleva la erosión de las tierras de alta pendiente. Asimismo, el inadecuado depósito de los escom-bros y estériles que se evacúan de las labores mineras sobre laderas de alta pendiente, sin ninguna clase de tratamiento de revegetalización, permite que las aguas de escorrentía arrastren grandes cantidades de sedimentos hacia las cañadas que vierten sus aguas al río Pamplonita. A estas cañadas también son vertidas, sin tratamiento previo, las aguas con altos contenidos de óxidos de hierro y carbonatos provenientes de los socavones (figura 6).

### Arcilla

Se extrae en la comuna 6, en el barrio de invasión San Gerardo, donde existen dos tejares de tipo industrial (San Gerardo y Arcillas del Oriente) y chircales artesanales. Allí, debido a la extracción y al depósito inadecuado de estériles y escombros, las aguas de escorrentía arrastran sedimentos hacia el río Pamplonita. Los fenómenos erosivos registrados en estas áreas son de tipo laminar y en surcos, los cuales moldean lenta pero progresivamente el paisaje. Sin embargo su alta calidad genera que sea una de las industrias más prósperas de la región cuyas grandes empresas (ladrilleras) se ubican hacia el sector rural.

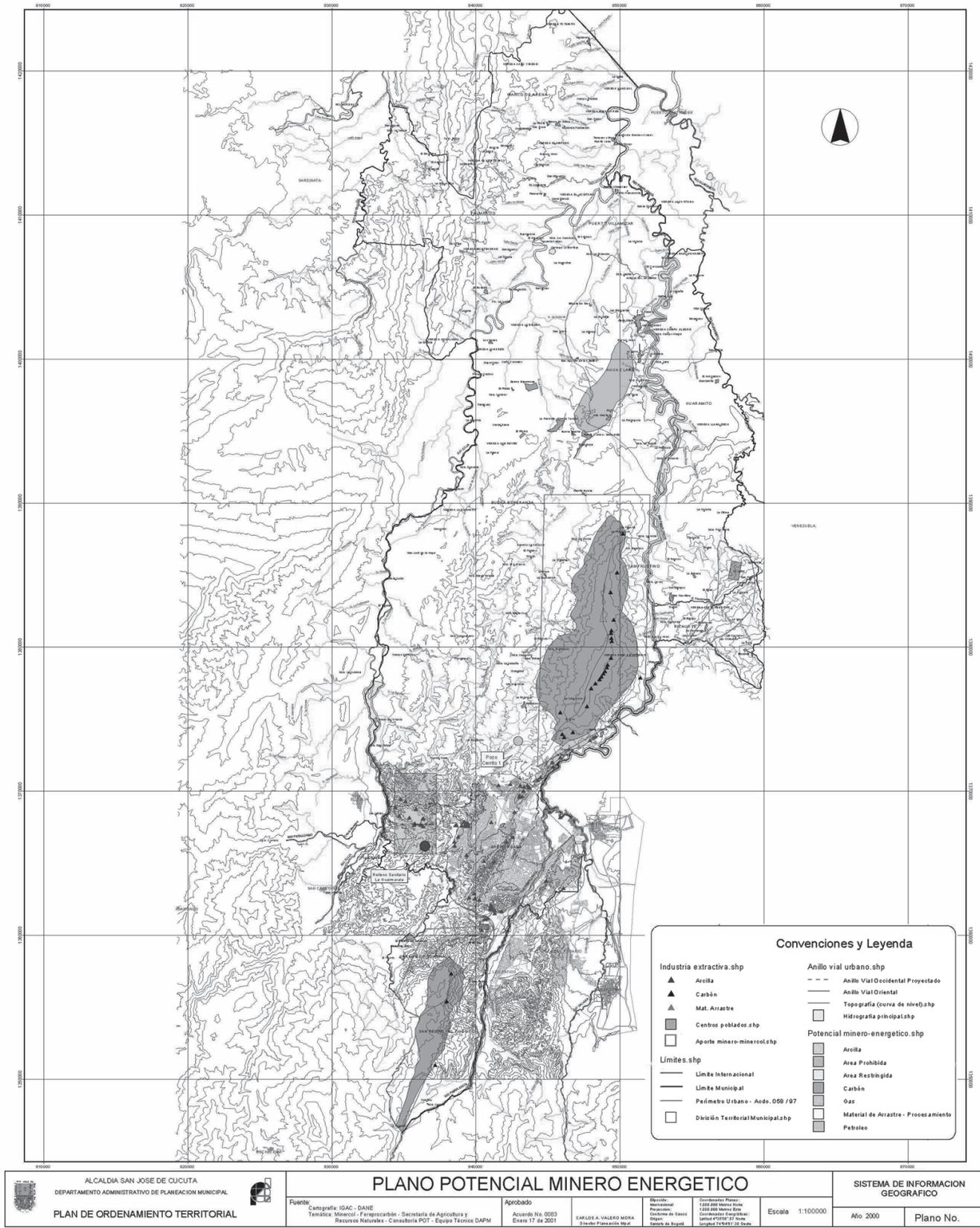


Figura 6. Potencial minero energético

### Material de arrastre

Existen explotaciones legales e ilegales, tanto por parte de personas jurídicas como naturales y extractores artesanales; se extraen gravas, arenas y cantos como materia prima para la construcción. Esta actividad genera un impacto ambiental severo debido al uso de maquinaria pesada y a la extracción antitécnica tanto del cauce como de las terrazas bajas y altas; lo que conlleva cambios de los cauces y alteración de las condiciones dinámicas en épocas de alto caudal.

### Áreas afectadas por amenazas naturales (figuras 7 y 8)

Remoción en masa. Se encuentran ubicadas en las comunas 3 y 4 en parte de los barrios San Martín, Pamplonita, San Luis, Santa Teresita, San Mateo, Bogotá, Aguas Calientes, Santa Ana, El Triunfo, La Unión, Valle Esther, Morelli, Bellavista y La Libertad.

Las zonas que presentan riesgo por procesos de remoción en masa son áreas marginales e ilegales: las comunas 6 y 9, los asentamientos Divina Pastora, Rudesindo Soto, Gaitán parte alta, parte de Belén, Arnulfo Briceño, San Miguel parte alta, Loma de Bolívar parte alta, 28 de Febrero, Los Alpes, Pueblo Nuevo parte alta, Cerro Norte, Cerro de Las Cruces, María Paz, Carlos García Lozada. La comuna 6 parte alta de San Gerardo, Virgilio Barco. La comuna 3 parte de Morelli y Bellavista. La comuna 7 parte de La Hermita, La Primavera y La Florida.

Inundaciones. El área expuesta a inundaciones se presenta en la margen derecha del río Pamplonita, por la cercanía del río a las viviendas consolidadas, en los barrios San Luis y Niza, entre los más importantes.

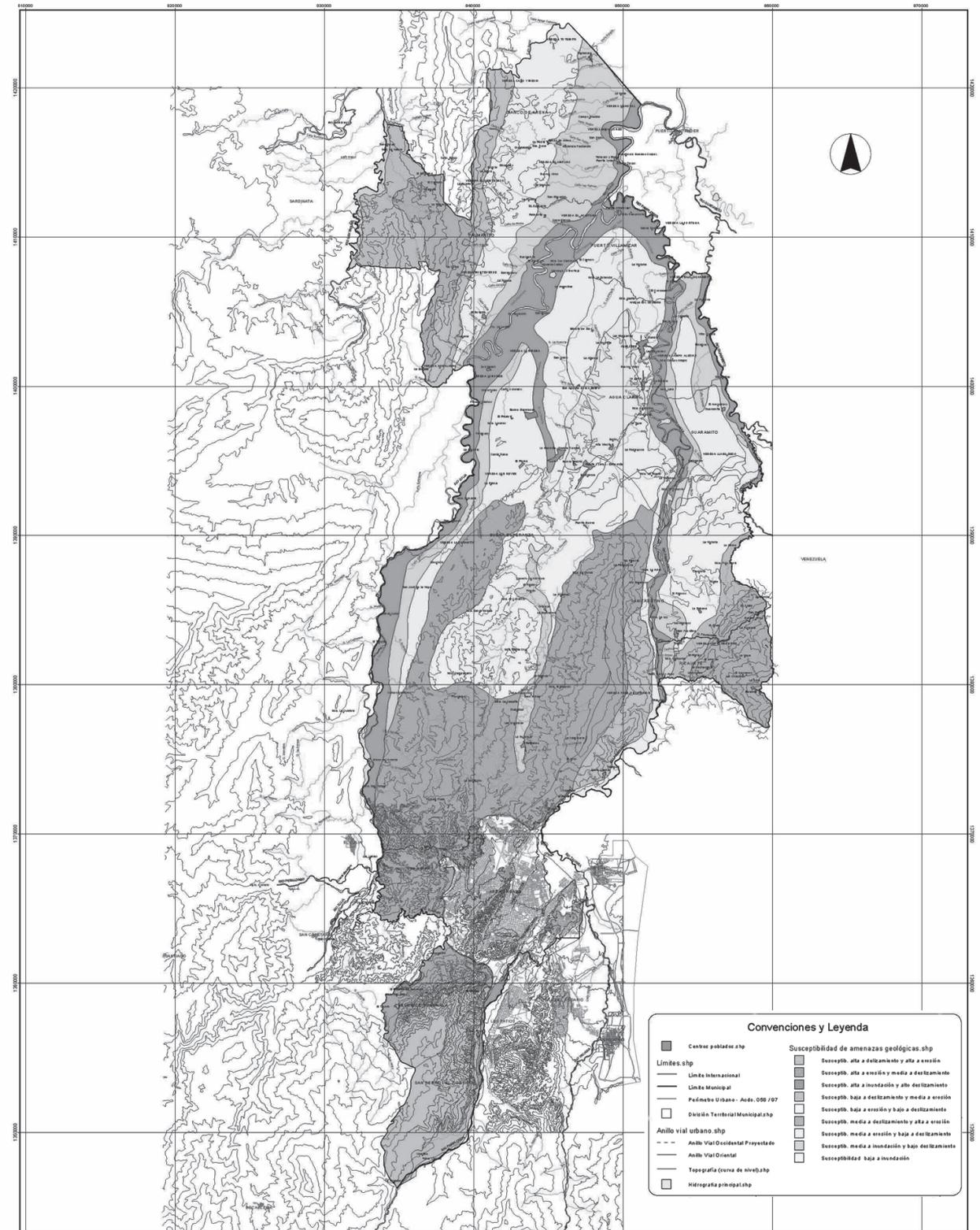
Sismos. La región fronteriza en inmediaciones de la ciudad de Cúcuta, registra la presencia de tres sismo-fuentes generadores de actividad sísmica. Éstos son los sistemas de fallas de Bocono, Uribante-Caparo y Frontal de la cordillera Oriental.

Aunque la ciudad registra un antecedente histórico de destrucción total debido al terremoto del 18 de mayo de 1875 y que a mediados de la década de los años 90 Ingeominas priorizó la necesidad de desarrollar la microzonificación sísmica de la ciudad, lo cual permitió priorizar dicho estudio en el POT, aún se carece de un conocimiento vital en las proyecciones constructivas y de preparación ante un eventual sismo de gran magnitud, pese al actual auge de las grandes construcciones que se están desarrollando en la ciudad.

### Tendencias de crecimiento y expansión urbana

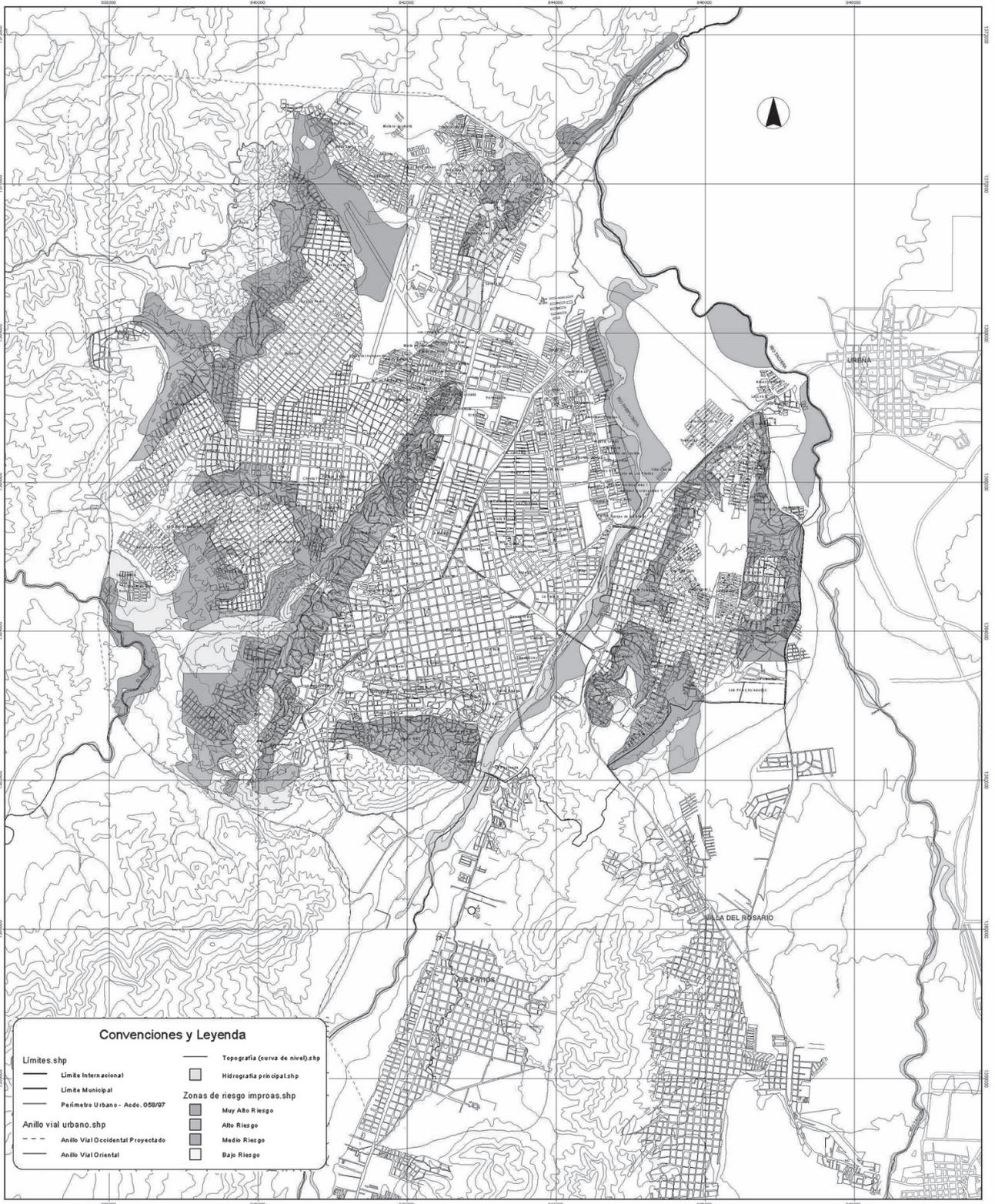
Existen fuertes tendencias de expansión, con altas posibilidades de una mejor inserción de estas zonas a través de los anillos viales. La ciudad central muestra situaciones orientadas al mejoramiento del uso del suelo: redesarrollo, rehabilitación, renovación, densificación y consolidación.

- Desarrollo hacia el norte. Presenta una fuerte tendencia al desarrollo de vivienda de interés social y a la urbanización ilegal. Es una de las zonas de mayor presión de estratos 1 y 2.



<p>ALCALDIA SAN JOSE DE CUCUTA DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION MUNICIPAL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p>	<p><b>PLANO DE SUSCEPTIBILIDAD DE AMENAZAS GEOLOGICAS</b></p> <p>Fuente: Cartografía: IGAC - DANE Temática: Consultoría POT - Equipo Técnico DAPM</p>			<p>Aprobado Asesoría No. 0083 Enero 17 de 2001</p> <p>CARLOS A. VALLEJO HERRERA Director Planeación Terr.</p>		<p>Escala: 1:100000</p>	<p>SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO</p>	
	<p>Coordenadas: Puntos: 1000000 Metros West, 1000000 Metros North, Coordenadas: UTM (Datum: WGS 84, Datum: WGS 84, Datum: WGS 84)</p>						<p>Año: 2000</p>	<p>Plano No.</p>

Figura 7. Suceptibilidad de amenazas geológicas



**Convenciones y Leyenda**

<b>Límites.shp</b>	<b>Topografía (curva de nivel).shp</b>
— Límite Internacional	□ Hidrografía principal.shp
— Límite Municipal	
— Perímetro Urbano - Acdo. 056/97	<b>Zonas de riesgo improas.shp</b>
<b>Anillo vial urbano.shp</b>	■ Muy Alto Riesgo
- - - Anillo Vial Occidental Proyectado	■ Alto Riesgo
— Anillo Vial Oriental	■ Medio Riesgo
	□ Bajo Riesgo

<p>ALCALDÍA SAN JOSÉ DE CÚCUTA DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL</p> <p><b>PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b></p>	<p><b>PLANO DE ZONAS DE RIESGO - AREA URBANA</b></p>		<p><b>SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO</b></p>	
	<p><b>Fuente:</b> Cartografía: ICAE, DANE Temática: Satélite Imagen Ltda., Pabla Ltda., Jostel Ltda., Andrián Ltda., Ing. Pedro A. Méndez V. Consultoría: P.O. Espino, Tercero 1918-16</p>	<p><b>Aprobado:</b> Acuerdo No. 0028 Enero 17 de 2001</p>	<p><b>Elaborado:</b> Ingeniería: CARLOS A. VALERO MORA Dirección: Planeación Municipal</p>	<p><b>Coordenadas Planas:</b> 1.800.000 Metros Norte 1.800.000 Metros Oeste Datum: WGS 84 Datum: UTM Escala: 1:20000</p>
				<p>Año 2000</p>
				<p>Plano No.</p>

Figura 8. Zonas de riesgo

- Zona nororiental. Confluencia del río Táchira con el río Pamplonita. Esta área ha sido parcialmente desarrollada con urbanizaciones como Prados del Este. Además, en inmediaciones a la confluencia de los ríos, la construcción del centro de eventos feriales potencia el desarrollo de la zona.
- Zona nororiental - Vía panamericana. La zona localizada entre Cenabastos, el río Pamplonita, la vía panamericana y el anillo vial oriental, presenta tendencia de vivienda hacia la zona norte, con la aprobación del proyecto de urbanización Rafael García Herreros. Es un área de fácil acceso por el anillo vial oriental, la avenida Los Libertadores y la avenida Panamericana. Las proyecciones viales de prolongación de la avenida Canal Bogotá y la transversal de Cenabastos refuerzan su desarrollo, el cual tiene un alto potencial en esta zona. Es un área de fácil dotación de infraestructura de acueducto y alcantarillado. Es pertinente definir sistemas viales que separen los usos del suelo en la zona.
- Zona oriental. Área de Escobal con tendencias a la localización de vivienda de interés social. Esta zona se viene desarrollando desde 1985, con algunos usos industriales y proyectos de vivienda de interés social. También aparecen invasiones sobre las parte altas, y en zonas de riesgo por erosión. La ausencia de una clara definición vial ha generado la aparición de usos de forma desordenada.
- Zona aledaña al club de Tenis. Esta es una zona que ha tenido un lento desarrollo; definida por el Código de Urbanismo para vivienda tipo campestre; está limitada por el río Pamplonita y la avenida Pinar del Río-San Mateo. Es una zona de alto potencial urbanístico y dotada de servicios públicos.
- Desarrollo hacia el occidente. El Rodeo es una zona que se ha venido desarrollando en los últimos años con urbanizaciones como el Minuto de Dios. Es una zona de viabilidad bastante limitada; la construcción del anillo vial occidental podría acelerar el proceso de ocupación tanto formal como informal. El anillo vial permitiría las conexiones a la vía que conduce al Zulia y con Juan Atalaya, lo que aceleraría los procesos de expansión urbana de esta zona. Actualmente este sector tiene acueducto de la planta de tratamiento del Carmen de Tonchalá, y es una de las zonas de mayor potencial de urbanización en el corto plazo, porque tiene abastecimiento de agua. Es una zona con tendencia al desarrollo de vivienda de interés social y desarrollos clandestinos.
- Zona sur. Sobre la vía que conduce al corregimiento San Pedro-El Pórtico, comienza a darse tendencia al desarrollo de proyectos de viviendas de baja densidad, con características de suburbanos, en la zona denominada El Resumen.

### Aspectos socioeconomicos

Cuando la ciudad cambia de título de aldea a villa en 1792, se aprecia un rápido crecimiento de la población, debido a la facilidad de trabajo de explotación de haciendas y plantaciones.

Periodo republicano: libre cambio. El periodo comprendido desde la segunda mitad del siglo XIX hasta 1930 se ve influenciado por la ruptura definitiva de la sociedad colonial, aunque las funciones de la ciudad no variaron sustancialmente, a pesar de tener una dinámica urbanización, reflejo de las inversiones estatales y extranjeras que se centralizaron fundamentalmente en la infraestructura de transporte y comunicaciones y en los servicios públicos en general.

Ocurrida la catástrofe que destruyó totalmente la ciudad (terremoto del 18 de mayo de 1875), se continúa con las pautas generales de ordenamiento de Cúcuta.

En la época actual, el área central de la ciudad concentra el mayor porcentaje de las actividades comerciales y de servicios. Parte de la zona central gira en torno a la plaza de mercado en donde se encuentran ubicados depósitos y almacenes mayoristas de alimentos en conjunto con las áreas públicas invadidas por carretas o ventas de productos básicos de la canasta familiar. La otra porción de la zona central está conformada por el comercio principal al detal, además de existir áreas residenciales sobre la misma, que tienden a desaparecer con la dinámica comercial de la zona. Así mismo, es evidente la concentración de actividades generadoras de empleo sobre ejes viales

Cúcuta no presenta características de ciudad industrial, puesto que las áreas ocupadas para este servicio no son de uso intenso ni extenso. La actual zona industrial se encuentra ubicada sobre la avenida Aeropuerto y presenta en su contorno áreas residenciales consolidadas. La zona industrial proyectada por las normas vigentes se encuentra al norte de la ciudad, en la vía que conduce a San Faustino hasta el límite del perímetro urbano. Sin embargo, vale la pena resaltar el gran auge de los industriales de la arcilla, cuyos productos son exportados a diferentes partes de Norte y Centro América y Europa.

El sector rural se dedica a actividades agropecuarias y mineras, específicamente a la explotación del carbón. La regional de Ecocarbón es la entidad que asesora y contribuye en la explotación del mineral. Esta producción es representativa, ya que cierta cantidad se ofrece en el departamento para atender la demanda de termotasajero y otra parte se exporta.

#### Datos poblacionales

La población del municipio de Cúcuta, con base en cifras del censo de población del DANE de 2005-2006 fue de 585 919 habitantes, muy por debajo de las tendencias reportadas.

La tasa de crecimiento anual de la población del municipio según el DANE es del 3,5%. En la tabla 2 se proyecta su población para los años 2005 y 2010 sin ajuste por omisión.

Tabla No 2. Crecimiento proyectado de la población 1998-2010

MUNICIPIO DE CÚCUTA CRECIMIENTO PROYECTADO DE LA POBLACIÓN 1998-2010		
AÑOS	POBLACIÓN (en miles de hab.)	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
1998	605,39	
2005	770,22	3,5 %
2010	914,79	3,5 %

Fuente: DANE. Proyecciones de población 1985-2015. DANE.

### Aspectos ambientales

Desde el punto de vista ambiental, la proliferación de asentamientos subnormales está afectando el agua como recurso natural debido a la deforestación, la contaminación y la falta de conciencia individual y colectiva frente a su uso y conservación. Otro problema asociado con el deterioro del recurso agua es la baja cobertura de servicios públicos, especialmente de acueducto y alcantarillado. El crecimiento urbano de tipo informal ha generado sobrecostos para el suministro de estos servicios y en consecuencia, una baja cobertura, lo que ha llevado al manejo inadecuado de aguas residuales y fuentes de abastecimiento. La mayor densidad poblacional se concentra en las comunas 6, 7 y 8, que son las de menor cobertura de servicios públicos. Los ríos Táchira, Pamplonita y Zulia son las principales estructuras del sistema ambiental y se encuentran contaminados tanto por aguas residuales de origen residencial e industrial, como por extracción y explotación de materiales de arrastre.

- Suelo. La ciudad y su entorno inmediato están alcanzando niveles críticos, debido a la erosión que se ha visto incrementada por la deforestación, por las invasiones y por los usos y formas de explotación que han superado su capacidad de soporte. El suelo es el principal insumo para el desarrollo de vivienda, equipamientos e infraestructuras, la demanda creciente sobre este recurso, legal o no, ha llevado a que en la actualidad el suelo urbano y su entorno estén altamente degradados. Los altos grados de erosión que enfrenta la ciudad se convierten en una situación que amerita atención prioritaria.

El problema de degradación de los suelos de Cúcuta y su área metropolitana están igualmente asociados a la explotación de arcillas en forma legal e ilegal. El hecho de que en el casco urbano existan cerca de 78 chircales en explotación, de los cuales sólo doce tienen licencia, dificulta el control del manejo ambiental. Este tipo de industria aumenta la erosión y la aridez de los suelos, además de generar riesgo, debido a que las cárcavas resultantes de la explotación no son recuperadas, lo que aumenta el alto porcentaje de suelo urbano deforestado.

- Aire. con relación a la contaminación atmosférica, las emisiones industriales y de vehículos, especialmente en el área urbana, alcanzan niveles preocupantes. Las emisiones provenientes de Ureña, especialmente del Central Azucarero llegan a Cúcuta según la dirección del viento. En todos los municipios del área metropolitana, el problema es causado por las ladrilleras y las fábricas de productos de arcilla, la mayoría artesanales, y pequeñas y medianas empresas, casi imposibles de regularizar. La contaminación procedente de vehículos de carga se agrava debido al congestionamiento y a las bajas velocidades en los puentes internacionales principalmente. La tendencia es creciente, ya que el transporte de carga se ha venido incrementado notoriamente.
- Flora. Asociado al agua y al suelo, la problemática de los recursos de flora está afectado igualmente por las formas de ocupación del suelo acompañado de procesos continuos de deforestación y destrucción de la poca cobertura vegetal, el desarrollo de las actividades económicas, el insuficiente control y medidas de protección. En la parte alta del río Pamplonita la deforestación se debe principalmente a la obtención de leña para la preparación de alimentos y a la necesidad de traviesas o vigas utilizadas en la minería del carbón, que utiliza aproximadamente un millón de unidades, (1500 hectáreas/año), y cuyo proceso se está extendiendo a la cuenca del río Zulia. Los recursos forestales están disminuyendo como consecuencia de la ampliación de la frontera agrícola y de la tala indiscriminada del bosque, generando la pérdida de diversidad biológica y reduciendo la capacidad de regulación de los ríos. La erosión resultante reduce los suelos cultivables y el desplazamiento de tierras.
- Contaminación de agua subterránea. La falta de sistemas de tratamiento de aguas servidas y su actual disposición final en canales abiertos, constituye una potencial fuente de contaminación del agua subterránea teniendo en cuenta el tipo de acuíferos registrados en la región. Adicionalmente, estas aguas servidas son vertidas directamente hacia la corriente del río Pamplonita, la cual retroalimenta los reservorios de agua subterránea.

## Recomendaciones

Debido al auge de la industria de la construcción y a la proliferación de grandes proyectos, se requiere de manera urgente realizar el proyecto de microzonificación sísmica del área metropolitana de Cúcuta.

Desarrollar estudios geotécnicos detallados en las zonas de amenaza alta por remoción en masa que se identificaron en el plan de ordenamiento territorial.

Diseñar y construir los sistemas de tratamiento de aguas residuales, de tal manera que se pueda proteger el potencial hídrico subterráneo de la ciudad.

Iniciar campañas preventivas y de preparativos ante la potencial u ocurrencia de un sismo de gran magnitud.

## Bibliografía

ESPINAL, L. S. (1977). Mapa ecológico de Colombia. IGAC, Bogotá.

GOBERNACIÓN DE NORTE DE SANTANDER (1993). Plan ambiental del departamento.

INGEOMINAS (1981). Memoria explicativa, Cuadrángulo G-13.

\_\_\_\_\_ (1982). “Estudio hidrológico de Cúcuta”. Informe No 1825. Ingeominas, Bogotá.

MUNICIPIO DE CÚCUTA (2000). POT, Plan de Ordenamiento Territorial.



# Ibagué

Herley Vergara Sánchez / Hernando Lozano Quiroga  
/ Luz Karime Rodríguez

## Localización

La ciudad de Ibagué, capital del departamento del Tolima, está localizada en la vertiente oriental de la cordillera Central, la mayor parte sobre una planicie de piedemonte que se extiende hacia el valle del río Magdalena y es conocida como la meseta o abanico de Ibagué. El casco urbano se enmarca entre las coordenadas 997 000 - 985 500 mN y 867 000 - 883 000 mE, su extensión se estima en 45 km<sup>2</sup> y su altitud entre 1000 y 1335 metros. Según el DANE, la ciudad tenía 495 246 habitantes en el año 2005.

## Clima, vegetación, formaciones vegetales

La ciudad se ubica en ambiente tropical húmedo, de régimen térmico de templado a cálido, con temperatura media anual de 23°C en los sectores bajos y 21°C en las partes más altas. El valor característico de la temperatura media anual se puede incrementar de 10 a 12 °C y disminuir de 8 a 10 °C (Barreto, 2001). La humedad relativa media es de 72%, con máxima de 83% y mínima de 44% (Alcaldía de Ibagué, 2004).

La clasificación climática para la ciudad de Ibagué y su entorno, según la metodología de Caldas-Lang, está determinada por los siguientes tipos:

Cálido semi-húmedo: esta zona corresponde al área de la meseta de Ibagué, de 800 a 1050 metros sobre el nivel del mar–msnm, apta para agricultura mecanizada, como arroz, sorgo, algodón, soya y ganadería doble propósito, avicultura y porcicultura.

Templado semi-húmedo: corresponde a los cerros aledaños a la parte urbana de la meseta de Ibagué, de 950 a 1900 m de altitud, donde se produce café, maíz, plátano, caña panelera y frutales de clima medio.

## Hidrología e hidrografía

En el perímetro urbano se presentan lluvias medias anuales entre 1500 y 2000 mm con un máximo en abril-mayo, correspondiente a un 25% de las precipitaciones anuales, y de septiembre a noviembre otro máximo secundario de lluvias con el 35%. En el sector montañoso aledaño la precipitación es de 2000 y 2500 mm con máximas primarias entre marzo y junio (45% del total de lluvias) y septiembre a noviembre con un 35% (Vergara y Moreno, 1992; Barreto et al., 2001).

La red fluvial tiene como corriente principal el río Combeima, el cual drena el flanco oriental de la cordillera Central y nace en el nevado del Tolima. Los ríos Chipalo y Alvarado limitan el borde norte del abanico con el batolito y re-

ciben las aguas de varios afluentes que se caracterizan por tener alto gradiente y longitud relativamente corta. En la parte sur y suroccidental de la ciudad se destaca la quebrada El Tejar, principal afluente del río Combeima dentro del perímetro urbano, y sus tributarios La Volcana, La Arenosa, El Salero y Aguas Negras.

### Geología

El entorno montañoso del perímetro urbano de Ibagué está constituido por rocas precámbricas conformadas por neises cuarzosos (Pn), anfibolitas (Pa) y lentes de mármol, rocas paleozoicas del grupo Cajamarca representadas por esquistos negros cuarzo-sericíticos grafitosos (es), esquistos verdes actinolíticos (ev) y cuarcitas, y por el batolito de Ibagué (Jedi) de composición principalmente granodiorítica, de edad Jurásico (figura 1). El batolito se presenta meteorizado, formando una cubierta de saprolito y suelo residual de unos 10 m de espesor. A finales del Cuaternario se depositó el abanico de Ibagué (Qa), de origen fluvio-volcánico, el cual está conformado por gravas y arenas limosas, con cantos y bloques de andesita, limos y arcillas arenosas. Sobre materiales del abanico se encuentra edificado alrededor del 80% de la ciudad. Hacia la periferia de Ibagué, sobre el piedemonte, se presentan sedimentos aluviales conformando pequeños conos de deyección (Qc) y es donde se asienta casi todo el resto de población urbana. A los lados de las principales corrientes se presentan algunas terrazas, en especial sobre el cañón del Combeima. Al sur de la ciudad, sobre la carretera variante, se detectó un foco volcánico, posiblemente post-abanico de Ibagué, que generó rocas volcánicas y algunos piroclastos (Qv) de andesita-basalto, productos que están distribuidos en un área pequeña.

### Hidrogeología

Por sus condiciones apropiadas de permeabilidad y su porosidad, el abanico es un acuífero libre donde se acumula el agua lluvia y se infiltra en el subsuelo. En este acuífero el agua subterránea se desplaza hacia el oriente, hasta encontrar la barrera de rocas de la Formación Gualanday, sector donde se elevan los niveles estáticos. Datos de pozos muestran que la profundidad del nivel freático disminuye del ápice a la pata del abanico así: unos 90 m de profundidad cerca del sector urbano, alrededor de 60 m en la parte media de la meseta y aproximadamente 10 m hacia la parte distal. Los pozos de la parte alta (cerca del ápice) producen caudales del orden de 30 l/s, mientras en Doima (parte distal) se aproxima a 90 l/s. Es común la presencia local de niveles freáticos colgados, a profundidades de 3 a 5 m. El abanico de Ibagué es un reservorio muy importante, en volumen y calidad del recurso, puesto que está conformado por material aluvial permeable con espesores hasta de 150 m. Una investigación realizada por Ingeominas muestra buenas perspectivas para agua subterránea, especialmente en los sectores del Salado, Aeropuerto, Buenos Aires y Doima. El agua subterránea del abanico de Ibagué es una alternativa para explotación con destino industrial, riego o consumo humano. Sin embargo, análisis fisicoquímicos muestran que las aguas subterráneas

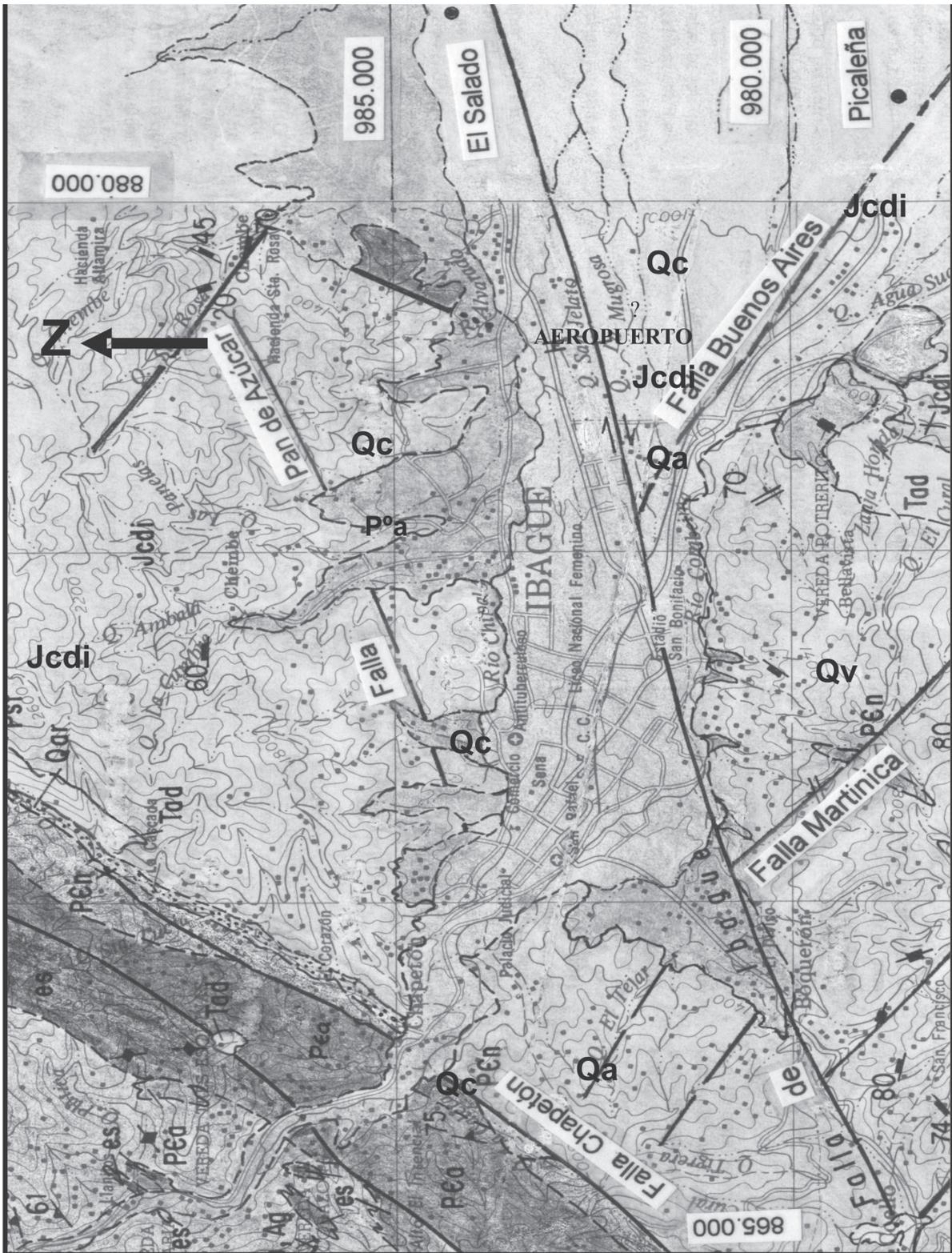


Figura 1. Mapa geológico de Ibagué y alrededores (plancha 244; Mosquera y otros, 1984., plancha 245, Acosta y Ulloa, 1989, con modificaciones)

del abanico son relativamente duras, con carbonatos de calcio, magnesio y algo de sodio, y requieren tratamiento para consumo humano; además existe la posibilidad de contaminación por uso intensivo de agroquímicos para los cultivos comerciales, especialmente arroz.

### Geomorfología

Se distinguen tres grandes paisajes: el primero (figura 1) es un relieve montañoso erosional asociado a neises (Pn), anfibolitas (Pa) de Tierradentro, y esquistos (es, ev) y a rocas ígneas del Batolito de Ibagué (Jcdi). Dentro de éste hay tres subpaisajes, uno representado por el cerro La Martinica, hacia el sur de la ciudad, compuesto por cimas y laderas altas muy escarpadas, el otro de laderas regulares fuertemente quebradas en la parte baja de La Martinica; se presentan además laderas escarpadas (Jcdi) de los cerros del norte de Ibagué. El segundo es el piedemonte aluvial, con tres subpaisajes: la parte alta del cono de la terraza de Ibagué (Qa), un segundo en la parte baja de los cerros del norte y suroccidente de Ibagué (Qc) y el tercero es la parte media y baja del abánico de Ibagué. El tercer paisaje es el valle aluvial, vegas y terrazas del río Combeima.

### Tectónica reciente

Los análisis microtectónicos y morfotectónicos realizados en la región, especialmente los asociados a fallas geológicas con evidencias de actividad tectónica reciente, han permitido deducir la existencia de un campo tectónico compresivo cuyo esfuerzo principal está actuando en dirección general noroeste-sureste. Los principales efectos que ocasiona la acción tectónica en el área de influencia para la ciudad son, por una parte, el movimiento en sentido lateral derecho que ha tenido la falla de Ibagué, cuya traza se extiende por cerca de 80 km y atraviesa la ciudad en dirección N750°E rompiendo los depósitos del abanico de Ibagué.

Adicionalmente, los desplazamientos sucesivos que se detectaron en la falla durante los últimos 10 000 años (Montes et al., 2004) se interpretan como paleosismos indicativos de terremotos superficiales de magnitud (Ms) mayor de 6,5. De acuerdo con el tensor de esfuerzos definido por Montes y otros (2004), fallas noreste-suroeste, como las de Ibagué y Pan de Azúcar se mueven en régimen de rumbo, mientras que las noroeste-sureste, como las fallas de Martinica y Buenos Aires lo hacen en régimen normal (Vergara, 2005).

### Amenazas naturales

Las amenazas están relacionadas con procesos naturales donde intervienen factores litológicos, geomorfológicos, estructurales, tectónicos y climáticos.

#### Amenaza por inundación

El sector de Ibagué con el mayor potencial de amenaza por flujos torrenciales e inundaciones son las vegas y terrazas del río Combeima situadas a alturas de 3 a 4 m. En esta cota se encuentran algunos barrios de la ciudad, como La Vega, Santofimio, Industrial, parte baja del Uribe-Uribe, la bocatoma y planta de tratamiento del acueducto.

### Amenaza por eventos volcánicos

Ibagué es una de las ciudades colombianas expuesta a la amenaza por erupciones volcánicas. De hecho, la ciudad y su entorno se encuentran dentro del área de influencia por productos directos e indirectos de los volcanes nevado del Tolima y cerro Machín, ambos con actividad comprobada. En el primero tiene nacimiento el río Combeima, el cual atraviesa la ciudad, mientras que el segundo, de naturaleza altamente explosiva, se localiza a sólo 17 km de distancia. Vale la pena mencionar que para el volcán Guacharaco, estudiado por Núñez et al., (2002), localizado en el límite sur del perímetro urbano, no se tiene estudios sobre el potencial de amenaza sobre la ciudad, como tampoco acerca de su origen. Aparentemente los productos de este volcán se distribuyen a corta distancia del foco, por lo menos los derrames de lava, aunque no se ha investigado si los materiales piroclásticos (lapilli, ceniza y bloques) penetraron dentro de lo que hoy corresponde al perímetro urbano. En caso de erupción del volcán nevado del Tolima es alta la probabilidad de que se formen lahares, lo cual constituye una amenaza para la franja del río Combeima que conforman las terrazas altas localizadas entre 6 y 9 m de altura (Vergara, 2005). Se estima un máximo probable de 15 m (Cepeda y Murcia, 1988).

De acuerdo con el mapa de dispersión potencial de productos del volcán cerro Machín (Cepeda et al., 1995) la ciudad de Ibagué no se encuentra expuesta a flujos piroclásticos, aunque sí a caída de ceniza con espesores menores a 30 cm. Las zonas de mayor amenaza por el Machín son Cajamarca y las localidades ribereñas que se ubican aguas abajo del río Coello.

### Amenaza por remoción en masa

Incluye deslizamientos, caída de rocas, avalanchas, flujos torrenciales y flujos de lodo y escombros. El detonante más frecuente son las lluvias intensas y los procesos involucran materiales geológicos inestables, presentes en laderas y taludes. La alta susceptibilidad a carcavamiento y movimientos en masa de los taludes adyacentes al río Combeima y de las laderas de los cerros que circundan el perímetro urbano, permite asegurar la ocurrencia de procesos de remoción en masa, como consecuencia de lluvias intensas y/o de sismos, con bastante probabilidad de daños por tránsito y desborde de flujos en sectores urbanos y suburbanos de borde montañoso; son más susceptibles los sectores donde la trayectoria de las corrientes han sido obstruidas por obras o rellenos. Las zonas de mayor amenaza se localizan en varios sectores del borde montañoso del noroccidente de Ibagué, que son parte los barrios El Jazmín, La Unión, El Vagón, San Isidro, Augusto Medina, 20 de Julio, 7 de Agosto, Clarita Botero, Tierra Firme, entre otros. Lluvias intensas y eventos sísmicos importantes, con epicentro en la cuenca del río Combeima, pueden generar flujos torrenciales, avalanchas y flujos de escombros, fenómenos que significan una amenaza para las zonas ribereñas más bajas. Como zona de amenaza alta se identificaron niveles de terraza de 3 a 4 m de altura, aunque eventos sísmicos podrían generar flujos que superen las terrazas medias ubicadas de 4 a 6 m.; barrios como La Vega, Santofimio e Industrial son algunos de los ubicados dentro de la zona de mayor amenaza (Vergara, 2005).

### Amenaza sísmica

De acuerdo con el mapa de zonificación sísmica de Colombia (Ingeominas, 1999) la ciudad de Ibagué se localiza en amenaza sísmica intermedia, le corresponde una aceleración pico efectiva del terreno (Aa) de 0.2g que es la que se debe utilizar para definir las cargas sísmicas de diseño; dicha aceleración tiene una probabilidad del 10% de ser excedida en un lapso de 50 años. La falla de Ibagué es activa tectónicamente, con sismos característicos del orden de 7 (Ms) para períodos de retorno de alrededor de 1300 años (Montes et al., 2004; Vergara, 1989).

### Aspectos socioeconómicos

#### Industria, economía

En la economía del departamento, altamente influenciada por la capital, se destaca la actividad agropecuaria con una participación del 39,7% y la industrial con el 16,5%. Las actividades agropecuarias generan apenas un 4% del empleo, el sector secundario el 28% y el terciario el 68%. El sector industrial del departamento tuvo un repunte importante en el período 1989-1994, atribuido a la ley 44 de 1987 y alcanzó un máximo crecimiento en 1992, con un 17,4%; posteriormente ocurrió un período de recesión que se inició en 1993, a raíz de la apertura económica, mostrando hacia el año 1994 una tasa de crecimiento negativa de 16,33%. Entre 1987-1994 la participación de la industria tolimense en el total del sector en el nivel nacional fue alrededor del 1,4%. Esta tendencia a la industrialización del Tolima no ha mostrado efectos contundentes en su estructura económica. El sector primario sigue representando el mayor porcentaje del PIB, aunque con tendencia a la disminución, pasando del 54,5% en 1967 al 40,1% en 1993. (Anuario estadístico, Ibagué 2001-2003)

#### Vías, transporte

La principal vía de acceso terrestre a Ibagué une el centro y occidente del país; dicha carretera es de primer orden y permite la comunicación con Bogotá, Neiva, el Eje Cafetero, Cali y Buenaventura; la otra vía terrestre de primer orden es la que comunica con las ciudades del norte del Tolima. Existen varias carreteras secundarias que conducen al corregimiento de Toche y las inspecciones de San Bernardo y San Juan de la China, por la vía al nevado del Tolima, Villa Restrepo y Juntas, y otra al sur que se comunica con Rovira. Cuenta con terminal de transporte y aeropuerto; con vuelos nacionales a Bogotá, Neiva, Medellín y Cali. Las vías urbanas muestran un continuo y permanente deterioro, en parte por la mala calidad de los materiales que componen la base y sub-base.

#### Educación

En Ibagué funcionan la Universidad del Tolima, con trece carreras profesionales y dos carreras técnicas, además de postgrados y la oferta de educación a distancia; la Universidad de Ibagué, la Corporación Unificada Nacional, la Universidad Cooperativa de Colombia, la Universidad Antonio Nariño y hacen presencia con programas por extensión algunas universidades como la Nacional, Católica, Javeriana, Del Bosque, Santo Tomas, Corporación J. F. Kennedy, Politécnico Central y la Escuela Superior de Administración Pública;

cuenta además con la primera universidad musical de Latinoamérica. Por otro lado, se tiene oferta de educación técnica con establecimientos como el SENA y una variada y amplia gama de institutos técnicos que ofrecen programas en diferentes disciplinas. El número de establecimientos educativos que posee Ibagué a nivel preescolar es de 251, primaria 245, básica secundaria 109. El factor educativo ha tenido en los últimos años cambios significativos, muestra una evolución positiva del nivel de calificación de la población ibaguereña. En 1981 sólo el 9,3% de la población ocupada reportaba algunos años de educación superior, para 1995 esta cifra ascendió al 16%. (Anuario estadístico de Ibagué, 2001-2003)

## Aspectos ambientales

### Abastecimiento de agua

El río Combeima es la principal fuente de agua para el acueducto de Ibagué, con una captación de 1600 l/s, y la más importante fuente de abastecimiento para atender las necesidades de riego de la meseta; su afluente, la quebrada Cay, es también una fuente importante para el acueducto con 250 l/s. A pesar de que dichas fuentes han venido suministrando el agua de manera oportuna, la bocatoma y los tanques de tratamiento con alguna frecuencia se ven afectadas por flujos torrenciales y crecientes, lo que ocasiona cortes temporales del servicio. La ampliación de la nueva planta del acueducto de La Pola para 750 l/s refuerza la capacidad existente, para un total de 2100 l/s de agua tratada, para una cobertura de agua potable del 80% del área urbana.

La ciudad dispone de 28 acueductos comunales, en Chapetón y en las zonas norte, noroccidental, sur y suroccidental que abastecen los barrios periféricos; estos carecen de un adecuado tratamiento, excepto el sistema de acueducto del Batallón Rooke. Además de las fuentes surtidoras del sistema del acueducto, el municipio tiene dentro de su red hídrica los ríos Coello y Cócora, ubicados al suroeste, en la parte norte los ríos Alvarado, La China y Chipalo (ver tabla 1).

Tabla 1. Abastecimiento de agua. Municipio de Ibagué

Cuenca	Área (ha)	Subcuenca	Área (ha)	Microcuenca	Area (ha)
Totare	31 320	La China	22 760	Alvarado	14 400
		Chipalo	8560	Afluentes	10 360
Coello	99 382	Combeima	34 400	Cay	2400
				El Billar	17 290
				Las Perlas	3200
				La Plata	2560
				Otros	24 520
Cócora	19 200	San Rafael	1720	Otros	17 480
		Toche	14 400	Tohecito	2440
				Otros	11 960

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial 2000.

Otro factor importante con respecto a la demanda de agua, es la utilización para riego, para lo cual la Corporación Autónoma Regional del Tolima–Cortolima ha dado en concesión aproximadamente 6000 l/s de los ríos Combeima y Chipalo. La zona rural de Ibagué se abastece de acueductos veredales, los cuales en su mayoría no cuentan con sistema de tratamiento.

## Materiales de construcción

Además de la grava y arena que se extraen artesanalmente del cauce activo del río Combeima y de algunos de sus tributarios que drenan roca meteorizada del batolito, en el municipio se explotan canteras para áridos, arcilla para ladrillo y piedra de enchape. Los materiales de construcción que se extraen, y que son requeridos para base y sub-base de carreteras, arcilla para ladrillo y arena para mortero, presentan en general deficiencias por el estado de alteración o por no cumplir de manera óptima algún requerimiento técnico.

Roca de enchape: en la vereda Puerto Perú, margen derecha del río Combeima, se explota un cuerpo pequeño de serpentina fisurado, el cual se utiliza como piedra de enchape; aunque la explotación es tecnificada, la producción de estos materiales es muy baja. Dentro de la cuenca del Combeima se explota, de manera artesanal, bloques rodados de lajas irregulares de roca de color verde (esquistos y filita) que son utilizadas para enchape.

Agregados naturales: son los materiales de arrastre, compuestos de arena y grava, que se extraen principalmente del lecho del río Combeima. Existen otras corrientes de agua, y sectores de piedemonte, donde se explota material arenoso, derivado de la meteorización del Batolito de Ibagué, como la quebrada Ambalá y otras asociadas a esta misma unidad geológica, como el sector de Boquerón, paraje Morrochusco, sector Calambeo-Ambalá, entre otros.

Agregados triturados: por su facilidad de extracción, en el pasado se explotaron algunas canteras en rocas del batolito ubicadas en el sector del Boquerón, sobre la traza de falla de Ibagué, donde el macizo se presenta bastante fracturado y alterado, factor que incide en su baja calidad como agregado. Debido a la problemática ambiental, pues la explotación incontrolada generó serios procesos de inestabilidad y un peligro para los canteros, éstas fueron cerradas.

Las zonas de préstamo que se explotan para fines constructivos se sitúan sobre el batolito y se localizan fuera del perímetro urbano. En explotación se encuentran la cantera San Bernardo, por la antigua vía a Chucuní, la cantera Martínez en la vía a Rovira, las canteras Totumo, El Carmen y La Peñita en Chapetón, ubicadas entre 5 y 20 km de Ibagué.

Arcillas: la extracción de arcillas para ladrillería se localiza entre el Batallón Rooke y Boquerón, donde aflora el Batolito de Ibagué, y debido a su meteorización produce materiales arcillosos que son aprovechados para la elaboración de ladrillos y tejas. Otro sector donde se explotan arcillas para ladrillos se localiza al norte de El Salado, en el sitio conocido como El País. De acuerdo con el inventario realizado por Cortolima el número de ladrilleras

activas existentes en la ciudad es de 78, de las cuales 33 se clasifican como minería de hecho.

### Zonas de alto riesgo

La ciudad duplicó su crecimiento a partir de 1975, con lo cual se incrementó la explotación de arcilla y la proliferación de asentamientos subnormales en laderas, taludes, bordes montañosos y partes bajas de corrientes fluviales, propiciando un incremento del riesgo. Las zonas de alto riesgo se asocian a escapes empinados, de 20 a 80 m de altura, localizados sobre la margen izquierda del río Combeima donde se pueden presentar desplomes, deslizamientos y caídas de roca. Son también de alto riesgo, por avenidas torrenciales, las terrazas bajas y medias del río Combeima, (3 a 4 m de altura) y la zona ribereña de las corrientes de montaña situadas al noroccidente, nororiente y suroccidente de la ciudad, que conforman la red hidrográfica de la quebrada El Tejar y de los ríos Chipalo y Alvarado.

Zona crítica de Ibagué en lo que respecta a riesgo por flujos de escombros y flujos torrenciales es el sector periférico de piedemonte, hacia donde se dirigen las corrientes que drenan los cerros noroccidentales y que tributan al río Chipalo: igualmente nororiente de Ibagué, en un sector aledaño a la urbanización Tierra Firme, amenazado por flujos torrenciales de la quebrada San Roque.

### Zonas de expansión

Vergara (2005) identificó los siguientes rangos de aptitud urbana: apta para uso urbano; uso urbano condicionado; uso urbano restringido; inadecuada para uso urbano. Las mejores condiciones las presenta la zona apta para uso urbano, caracterizada por tener relieve suave, por estar ubicada en amenaza baja por procesos morfodinámicos y porque las características geológico-geotécnicas del terreno no imponen condiciones que impliquen riesgos significativos. La anterior condición se cumple en los sectores libres de escarpes y entalles de corrientes de agua de la unidad abanico de Ibagué y algunos sectores de los conos de deyección.

### Contaminación, plantas de tratamiento

Los ríos Combeima y Chipalo son receptores de las aguas residuales tanto industriales como domésticas, además de las escorrentías de las zonas cultivadas con uso de agroquímicos, lo que representa preocupantes niveles de contaminación. Según Cortolima (1994) la población ubicada en la cuenca del río Chipalo genera 0,432 kg/habitante/día de carga contaminante; la carga por habitante/día para la cuenca del Combeima es de 0,376 kg.

Actualmente existe una planta de tratamiento las aguas servidas de la zona suroccidental de la ciudad, que sólo corresponde tratamiento a un bajo porcentaje del total. Al respecto, el plan de saneamiento hídrico contempla la construcción de siete plantas de fuera del perímetro urbano, con el objeto de eliminar la carga contaminante que se vierte a los ríos Combeima, Chipalo y Alvarado.

## Relleno sanitario

Actualmente las basuras de Ibagué, aproximadamente 350 t/d, se están depositando en el relleno sanitario de La Miel, localizado a 17 km de la ciudad por la carretera que comunica con El Espinal. La composición de estos desechos se estima en un 75% de material orgánico, 12,7% de papel y cartón, 5,0% de plástico, 4% de vidrio, 2,3% de hueso y 1,0% de chatarra.

El material es parcialmente seleccionado en las bandas en forma manual, donde luego de extraer plásticos y vidrios, es llevado a la planta clasificadora y finalmente se esparcen en el relleno. Este material es tratado con bacterias para apurar su descomposición; finalmente los lixiviados son decantados por medio de químicos, y el residuo es arrojado a los drenajes cercanos. El tratamiento de residuos peligrosos y desechos hospitalarios se maneja mediante un contrato de concesión para su incineración, de los cuales el 80% son de origen patológico y el otro 20% son envases y filtros.

## Microzonificación sísmica

Ibagué no cuenta con estudios de microzonificación sísmica a pesar de ser una ciudad de más de 400 000 habitantes y de estar localizada en un ambiente de actividad sismotectónica importante. La identificación de 28 zonas geológico-geotécnicas heterogéneas, entre rellenos antrópicos, depósitos aluviales de granulometría muy variable, una parte de ellas en condiciones topográficas desfavorables, sugiere mucha diversidad en la respuesta sísmica local (Vergara, 2005).

## Aspectos reglamentarios e institucionales

### Área metropolitana

La estructura característica del territorio hace que no se encuentren ciudades en un radio de 25 km, siendo la más cercana El Espinal ubicada a 50 km. Esta estructura urbana tan aislada no se presta para conformar un área metropolitana, razón por la cual Ibagué, en su Plan de Ordenamiento Territorial, le está apuntando a la conformación de una ciudad-región.

### Plan de Ordenamiento Territorial

Ibagué tiene un POT aprobado mediante Acuerdo 116 de diciembre del año 2000. En este momento se encuentra en proceso de revisión y ajustes.

### Atención y prevención de desastres

El municipio de Ibagué cuenta con una infraestructura institucional para el manejo de emergencias y para la atención y prevención de desastres. A raíz de la catástrofe de Armero causada en 1985, por la erupción del volcán nevado del Ruiz, se crearon y han venido funcionando activamente los comités departamental y locales de emergencia, DAMAPD-CRET, GPAD. El cuerpo de bomberos de Ibagué, la Defensa Civil Colombiana y la Cruz Roja son los principales organismos de apoyo en actividades de atención de emergencias, lo mismo que el Ingeominas y Cortolima entidades con labores de prevención.

## Conclusiones y recomendaciones

La disponibilidad de agua potable tiene una cobertura del 80% del área urbana, lo que hace imprescindible ampliar a mediano plazo el sistema de acueducto de la ciudad y buscar fuentes alternas de abastecimiento.

Existe un buen potencial hídrico superficial y subterráneo que se debe investigar para aprovechar y atender de manera eficiente las necesidades de la población. Deben promoverse campañas educativas a la comunidad sobre la conveniencia de hacer selección de las basuras desde la fuente.

Con relación a las plantas de tratamiento de aguas residuales hay que anotar que la planta de El Tejar ha sido construida en una zona expuesta a inundaciones del río Combeima. Es de gran importancia la construcción de las siete plantas de tratamiento fuera del perímetro urbano, propuestas en el POT de Ibagué, las que además de asegurar el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad en caso de que la planta de El Tejar se viera afectada, permitirían descontaminar las cuencas del Combeima, Coello, Chípalo, Opia; y asegurarían la entrega de las aguas servidas tratadas a los municipios vecinos.

El entorno montañoso que rodea la ciudad es susceptible a procesos de inestabilidad, y es recomendable reglamentar su uso.

La situación sismotectónica y la susceptibilidad del terreno hace imperiosa la necesidad de realizar de manera urgente la microzonificación sísmica de la ciudad.

Se deben utilizar materiales óptimos de construcción, especialmente áridos, para mejorar la durabilidad de las vías de la ciudad.

Los cauces de las corrientes naturales que descienden de los cerros que conforman el entorno de la ciudad, no deben ser obstruidos y, en casos de insuficiencia, ampliar la capacidad para permitir el paso de los flujos y evitar desbordes. Se debe investigar la amenaza del volcán Guacharaco y actualizar el estudio de amenaza del volcán nevado del Tolima.

## Bibliografía

ACOSTA, J., & ULLOA, C. (1989). Mapa geológico de la plancha 245-Girardot. Escala 1:100000, Ingeominas, Bogotá.

ALCALDÍA DE IBAGUÉ (2004). Anuario estadístico de Ibagué, 2001-2003.

BARRETO, G., CARRILLO, E., MORENO, M., OJEDA, J., RUIZ, D., SILVA, G.,

CEPEDA, H., MURCIA, A., MONSALVE, M., MÉNDEZ, R. & NÚÑEZ, A. (1995). Mapa de dispersión potencial de productos del volcán cerro Machín: áreas de tránsito y depósito. Escala 1:100 000, Ingeominas, Popayán.

CORTOLIMA (1994). Impacto ambiental para el plan de saneamiento hídrico de la ciudad de Ibagué.

INGEOMINAS, Ibagué, informe 1879.

INGEOMINAS (1999). Mapa de zonificación sísmica de Colombia y valores de Aa. Escala 1:2 000 000, Bogotá.

MONTES, N., OSORIO, J., et al. (2004). *Estudio paleosismológico de la Falla de Ibagué*. Ingeominas, Bogotá.

- MOSQUERA, D., NÚÑEZ, A. & VESGA, J. (1989). Geología de la plancha 244- Ibagué.
- NÚÑEZ, A., GÓMEZ, J. & RODRÍGUEZ, G. (2002). "Vulcanismo básico al suroeste de la ciudad de Ibagué". Informe interno, INGEOMINAS, 12p.
- VERGARA, H. (1989). "Actividad neotectónica de la falla de Ibagué". V Congreso Col. Geología, Bucaramanga. Tomo I, p. 147-169.
- \_\_\_\_\_ (2005). *Actualización de la cartografía geológico-geotécnica y aptitud urbanística de la ciudad de Ibagué*. Alcaldía Municipal. 90 p.
- VERGARA, H., MORENO, M. (1992). *Zonificación geológico-geotécnica y aptitud urbanística de la ciudad de Ibagué*. Ingeominas, Regional Ibagué, 81p.
- VILLAMIZAR, G. (2001). "Zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa e identificación de medidas para la reducción de riesgos en el sector noroccidental de Ibagué". Informe Ingeominas, Ibagué, 215 p.

# Manizales

Adriana Martínez Gómez

## Reseña histórica de Manizales

No se tienen registros de asentamientos indígenas importantes en el territorio ocupado por el municipio de Manizales. Los antioqueños iniciaron su llegada a Caldas a principios del siglo XIX, las primeras expediciones provenientes de Salamina llegaron a Manizales en la época de la Colonia.

Este territorio inicialmente cubierto por selvas andinas muy lluviosas y pantanosas, fue transformado por los colonos ascendientes de los arrieros antioqueños. Don Fermín López y José Hurtado con sus familias fueron los primeros en establecerse en el municipio, en 1834, cuando construyeron las primeras cabañas.

La versión más difundida respecto al origen del nombre de Manizales se relaciona con la abundancia de roca de granito de color gris con incrustaciones de color café y negro, denominada “maní”, que corresponde al hoy stock de Manizales.

## Entorno biofísico

### Paisaje

Manizales se extiende por la vertiente occidental de la cordillera Central desde su cima hasta las orillas del río Cauca, tiene una altura de 2126 metros sobre el nivel del mar–msnm y un área de 508 km<sup>2</sup> (DANE, 2005). Posee una gran riqueza paisajística, descrita como: “Agrestes paisajes montañosos, la majestuosidad de las nieves que coronan las cimas del parque nacional natural Los Nevados, los bosques de niebla andinos y las extensas zonas cubiertas de verdes cafetales” (Corpocaldas, 2002) (figura 1).

### Clima y vegetación

El clima presenta una gran variación, desde el cálido húmedo a transicional cálido seco en la parte centro occidental del municipio, en las orillas de los ríos Chinchiná y Cauca, con temperaturas entre 24 y 16°C, precipitaciones entre 2011 y 2600 mm/año, y evapotranspiración potencial de 1490 a 1340 mm/año, hasta el frío húmedo y muy húmedo en la parte alta de la cuenca del río Blanco en el sector oriental del municipio, que presenta temperaturas entre 4 y 10°C y un promedio de precipitación anual de 1600 a 2000 mm. En lo relacionado con las lluvias, Manizales presenta un régimen ecuatorial, que consta de dos períodos de lluvias, de marzo a mayo y de septiembre a noviembre y dos períodos secos el resto del año; estas lluvias tienen una orientación preferencial suroeste-noreste.

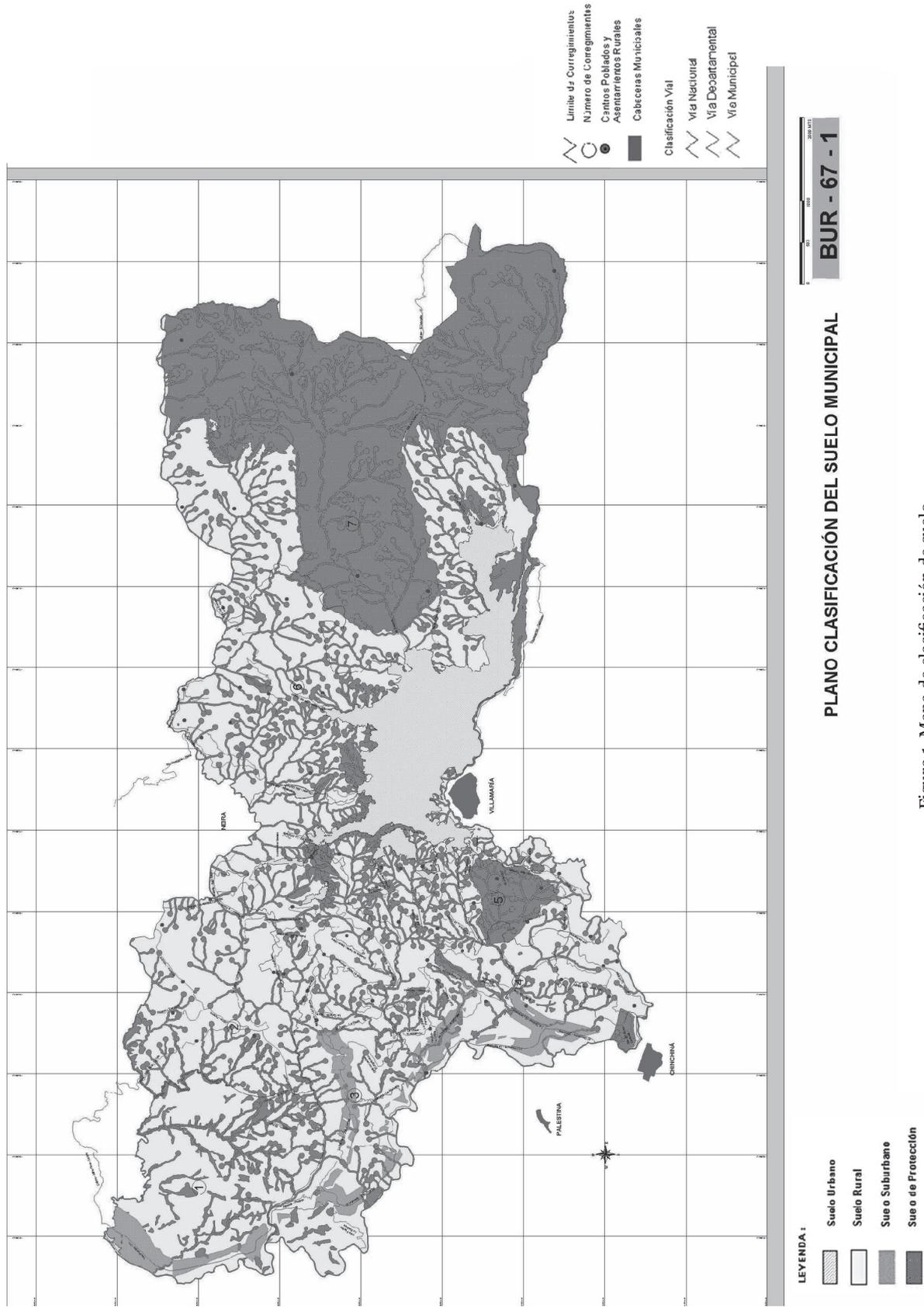


Figura 1. Mapa de clasificación de suelo

El municipio de Manizales tiene altitudes comprendidas entre los 800 y 3700 msnm, donde se presentan las siguientes zonas de vida vegetal, según la clasificación de Holdridge: Bosque pluvial montano (bp-M), localizado en el extremo oriental de la ciudad; bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) corresponde al casco urbano; bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) ubicado en el sector centro occidental y bosque húmedo premontano, transición a cálido seco (bhp-t-CS), localizado en la franja occidental (Corpocaldas, 2002) (figuras 2 y 3).

## Hidrología

### Aguas superficiales

Las corrientes hídricas del municipio de Manizales hacen parte de la cuenca del río Chinchiná y a su vez pertenecen a la cuenca del río Cauca, donde se destacan por su importancia hídrica y paisajística el río Guacaica y las quebradas Manizales, Olivares, El Rosario, El Purgatorio, Llano Grande y Fonditos. En general, los drenajes que hacen parte de la cuenca del río Chinchiná son subparalelos y corren en dirección norte-sur, debido al control ejercido por el sistema de fallas geológicas presente en el área.

### Humedales

“La cuenca del río Chinchiná presenta en el municipio trece humedales de páramo localizados en el extremo oriental, clasificados como tipo laguna y/o turbera que poseen en conjunto un área de 40,55 ha. En éstos nacen la mayor parte de las fuentes de agua que surten el municipio” (Corpocaldas, 2002).

### Geología y geomorfología

“El municipio de Manizales está constituido sobre unidades litológicas de diferente edad, cuya formación se asocia con la evolución de la cordillera Central, en un ambiente dinámico, que involucra el límite entre el dominio oceánico y el continental”. Su geología está conformada por unidades que van desde el Paleozoico como Complejo Cajamarca (Pmc) e Intrusivo Néisico sintectónico (Pinm), pasando por el Mesozoico representado por unidades como Complejo Quebradagrande (Kqs-Kqv), Gabros de Chinchiná - Santa Rosa (Kdg), Complejo Arquía (Kiea) y Stock de Manizales (Ktcdm) y finalmente por unidades cenozoicas entre las que se encuentran: Secuencia Volcano-sedimentaria Irra-Tres Puertas (Tsic), las Formaciones Manizales (Tsmz) y Casabianca (Tscb), lavas indiferenciadas (Tqa), ignimbrita de Guacaica (Tsig), depósitos de caída piroclástica (Qto), depósitos de flujos de escombros (Qfe), depósitos recientes (Qr), lavas de Lusitania (Qlb), domos de Sancancio (Qdsc) y Tesorito (Qdt) depósitos aluviales (Corpocaldas, 2002) (figura 4).

Manizales como parte de la compleja dinámica cortical que se presenta al noroccidente colombiano, presenta el conjunto de fallas correspondientes al sistema Romeral, con una dirección preferencial norte-sur y noreste. En el municipio se encuentra un sistema conformado por las fallas: Manizales-Aranzazu, El Perro, Romeral, San Jerónimo y Samaná Sur, todas ellas identificadas como activas a excepción de la última sobre la cual no se tienen reportes; debido a la gran complejidad estructural del área se hace posible la identificación de lineamientos estructurales, especialmente en dirección noreste y noroeste, zonas de cizalla, milonitas, diaclasamiento, plegamiento y fracturamiento.

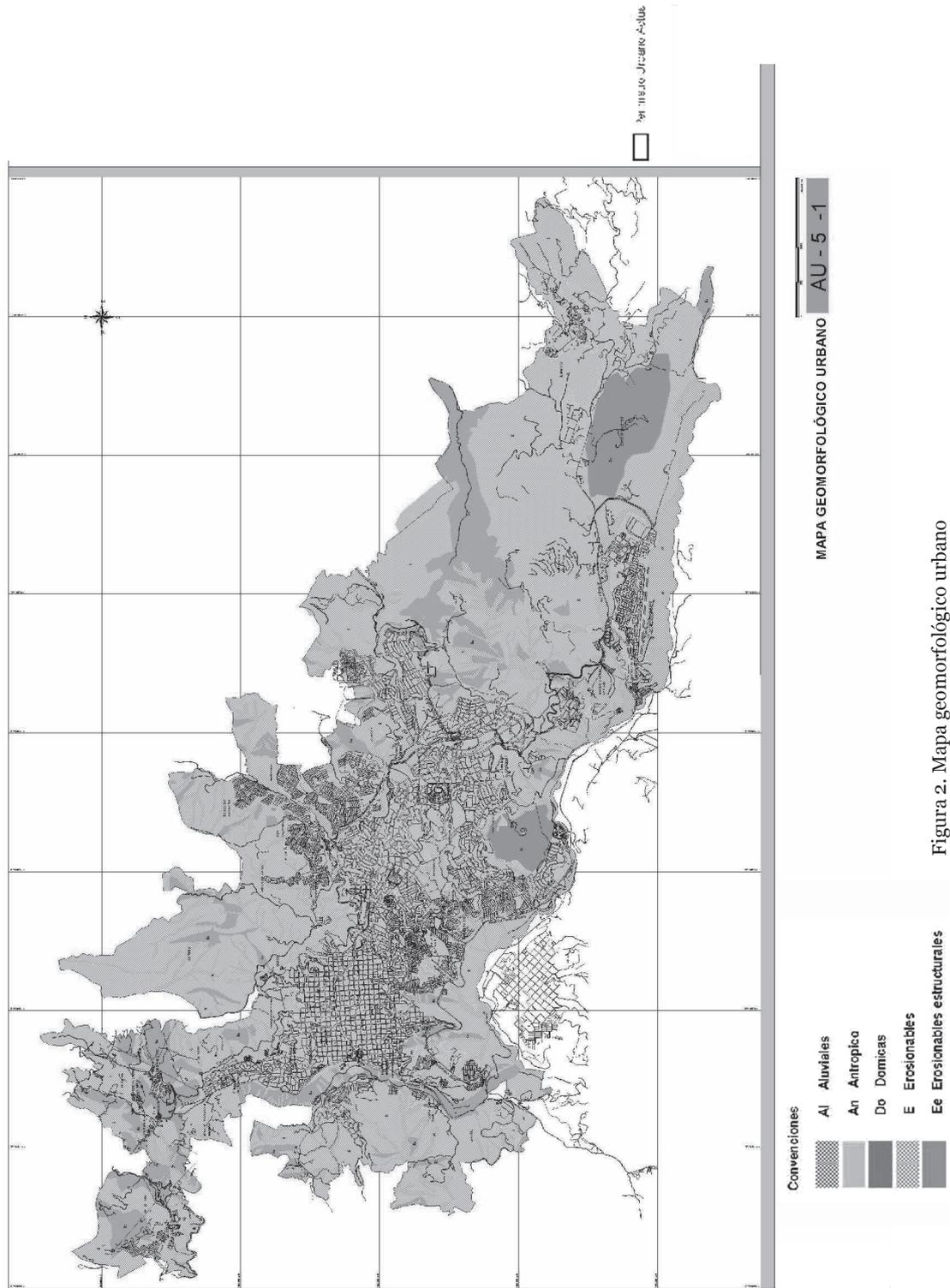
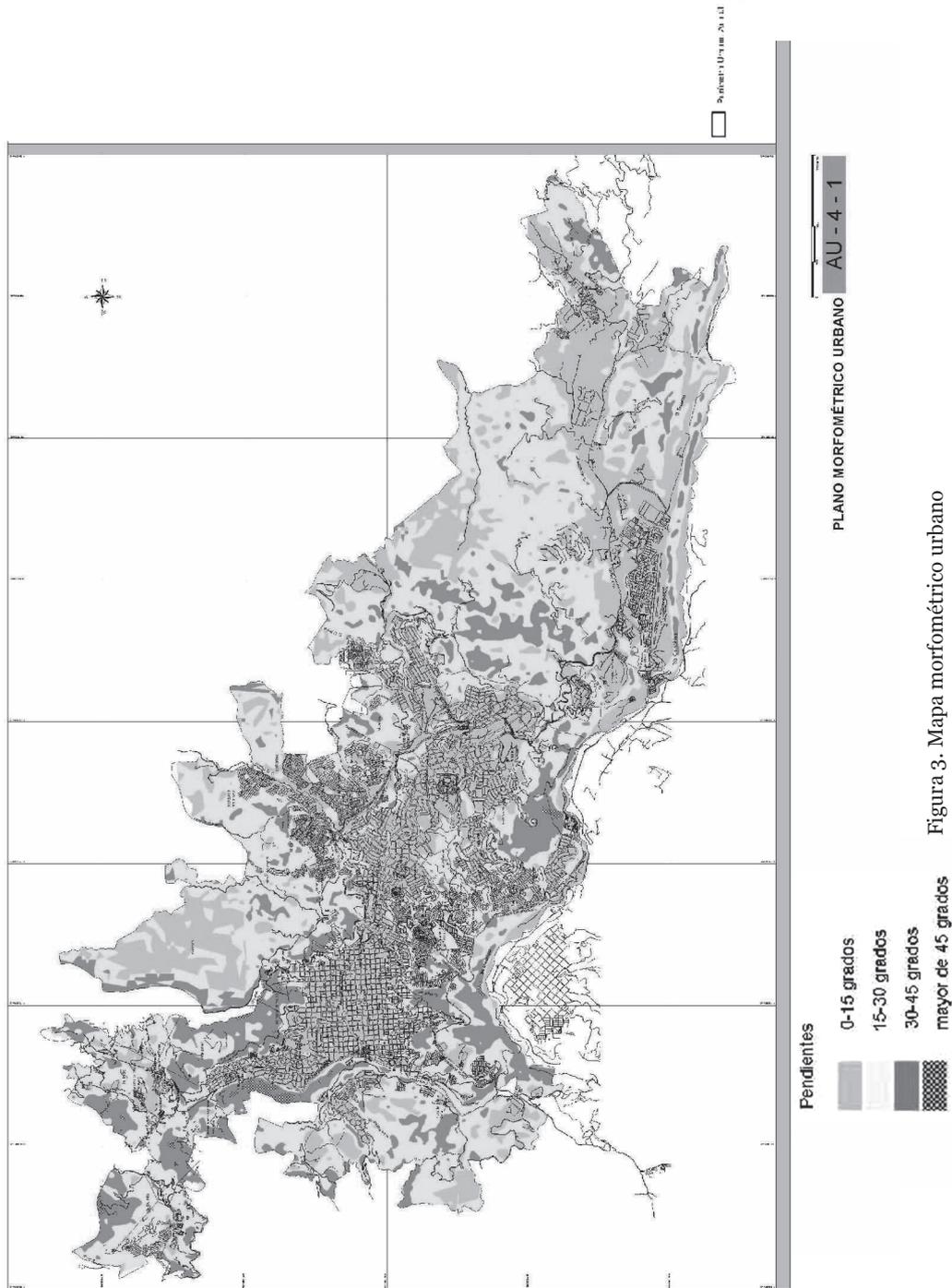
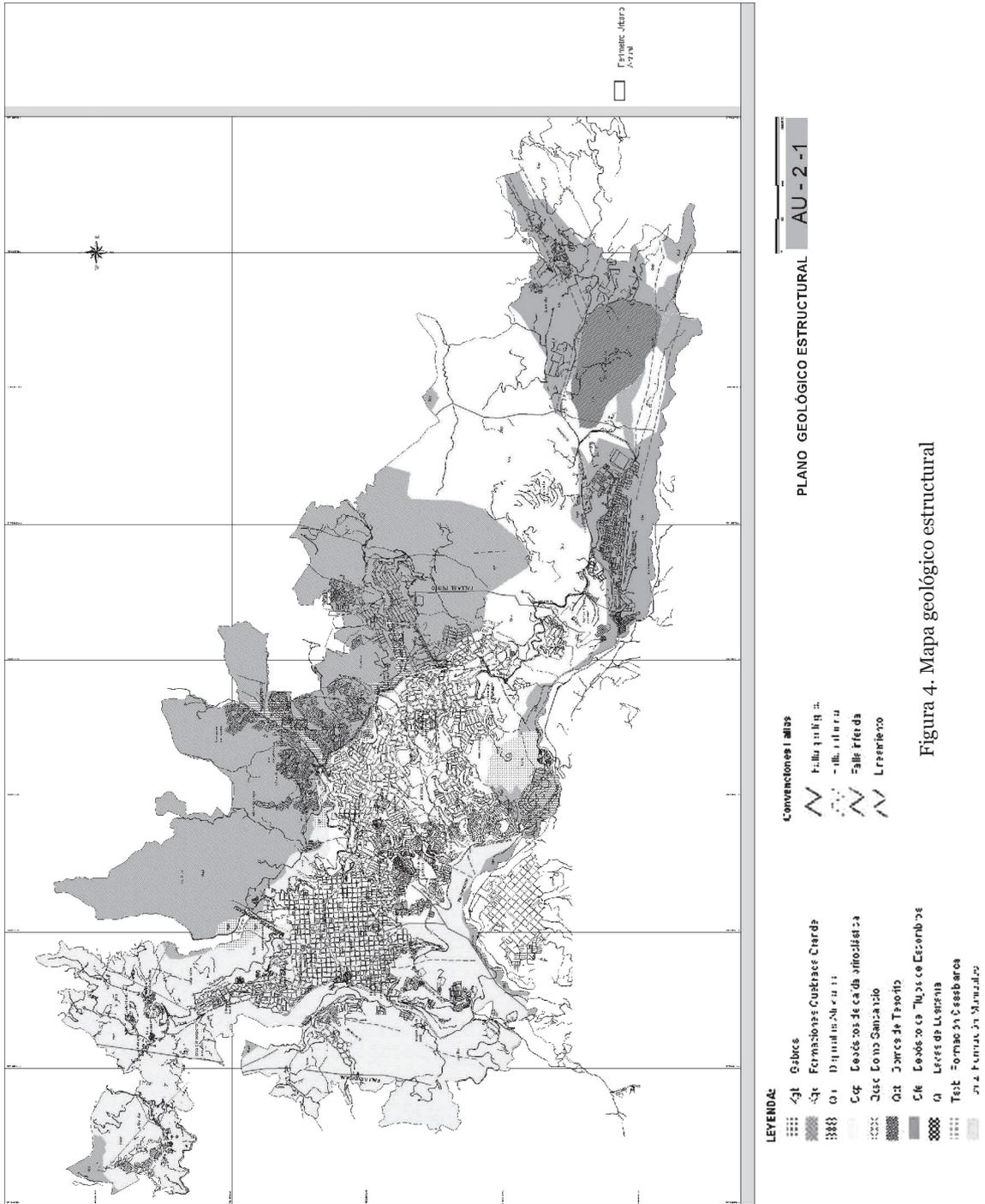


Figura 2. Mapa geomorfológico urbano





La geomorfología de la ciudad se ha dividido en dos grandes ramas:

#### Geomorfología urbana

Para la clasificación de estas unidades se tuvieron en cuenta características intrínsecas del paisaje, del terreno y la influencia antrópica. En la ciudad de Manizales se diferencian cinco unidades denominadas: Unidades Estructurales Erosionales (Ee), Unidades Erosionales (E), Unidades Dómicas (Do), Unidades Aluviales (Al) y Unidades Antrópicas (An).

#### Geomorfología de la zona rural

Para esta clasificación se retoma y modifica la “clasificación de las unidades de mapeo del terreno (UMT)” sistema establecido por el ITC de Holanda en 1991, para lo cual se establece que la génesis de las geoformas es de origen glaciario, denudativo (erosivo), estructural, fluvial, volcánico y la mezcla de algunos de los anteriores. Estas geoformas se clasificaron como complejos con numeraciones de 100 a 700 (Corpocaldas, 2002).

Los suelos del municipio de Manizales han sido clasificados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en ocho clases agrológicas reunidas a su vez en cuatro grupos basados en “la distribución natural, el entorno geográfico, la aptitud de uso, las vocaciones similares y las limitaciones que puedan presentar”. Al grupo 1 corresponden las tierras potencialmente aptas para uso agrícola, clases agrológicas I, II, III y IV; al grupo 2 las tierras potencialmente aptas para uso pecuario, clases agrológicas V y VI; al grupo 3 las tierras potencialmente aptas para uso forestal, clase agrológica VII; y al grupo 4 las tierras potencialmente aptas para conservación, clase agrológica VIII (Corpocaldas, 2002).

#### Amenazas

Debido a la localización geográfica de la ciudad de Manizales, se han detectado por las instituciones competentes como principales amenazas (figura 5) las ocasionadas por movimientos en masa (alta a media por deslizamientos), inundaciones (alta), sismicidad (alta) y actividad volcánica (baja por caída de piroclastos de los volcanes Cerro Bravo y Nevado del Ruiz), aunado a la amenaza por incendio, debido a que en la ciudad se encuentran gran cantidad de edificaciones construidas en guadua y bahareque (OMPAD, 2006, Comunicación personal Geólogo Alfredo Zuluaga).

#### Aspectos socioeconómicos

##### Población – evolución

Según el censo de 2005, el municipio cuenta con un total de 368 433 habitantes, de los cuales 174 970 son hombres y 193 463 mujeres; la mayoría de su población se encuentra concentrada en la cabecera municipal puesto que 342 620 personas residen allí y sólo 25 813 se ubican en el área rural. El primer censo que se llevó a cabo en la ciudad fue en el año de 1851 y para esa época se tenía un total de 3000 habitantes. Posteriormente, en el censo realizado en el año 1993, se obtuvo una población de 372 278 habitantes; según las proyecciones realizadas en el POT se tendrá una población de 461 853 habitantes para diciembre del 2024 (DANE, 2005 y Corpocaldas, 2002).

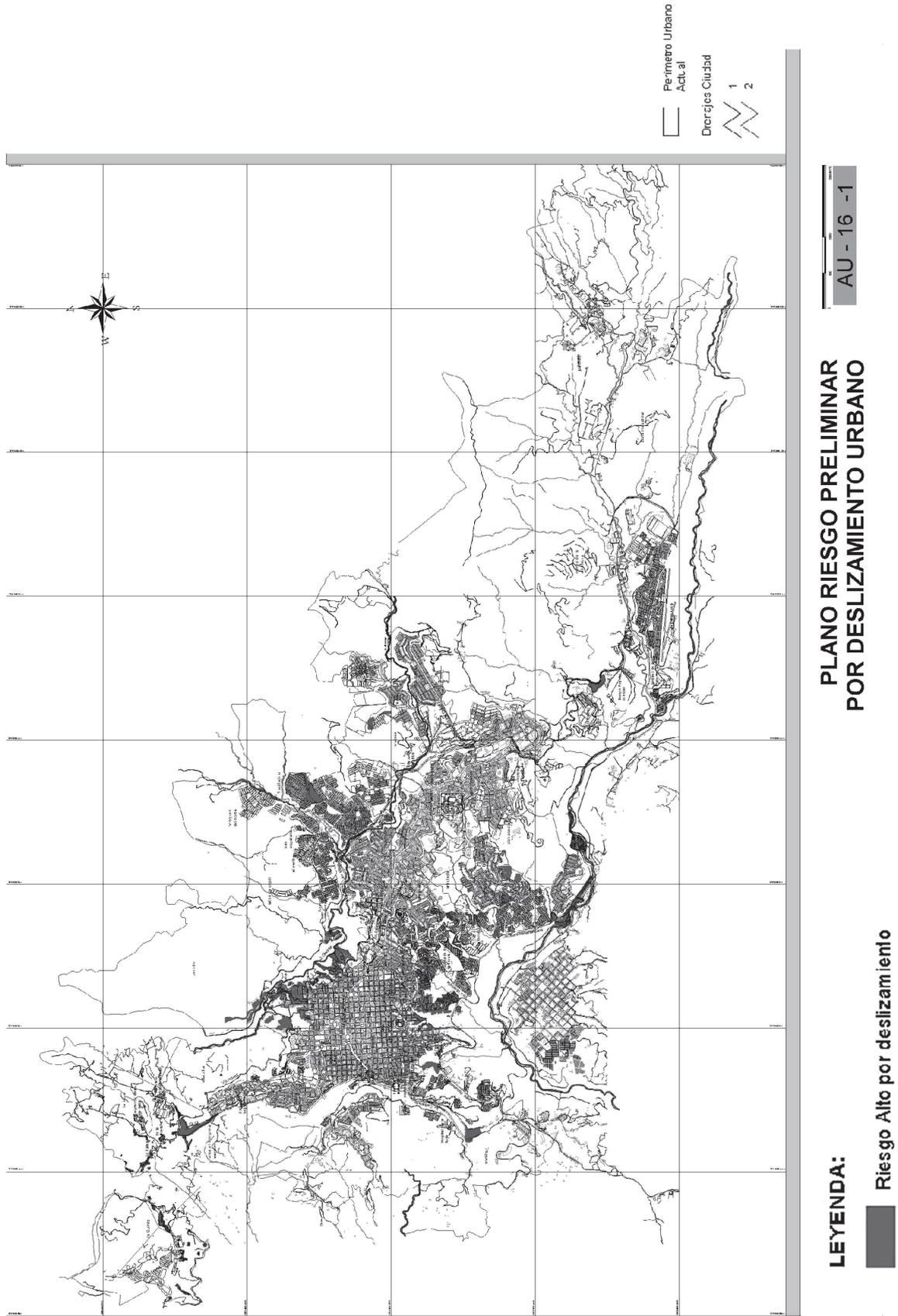


Figura 5. Mapa de riesgo por deslizamiento

### Industria y economía

El sistema económico municipal consta de tres sectores así:

- Sector primario: a él se encuentran asociadas la minería en general, la agricultura (esencialmente siembras de café), la silvicultura, la ganadería, la avicultura, la porcicultura, la piscicultura, la apicultura, la caza y la pesca.
- Sector secundario: Manizales posee industrias de carácter internacional, nacional y local, las cuales han posicionado a la ciudad como el polo de desarrollo industrial y comercial del departamento.
- Sector terciario: de él hacen parte el comercio, el turismo y el transporte. (Corpocaldas, 2002).

### Infraestructura vial y transporte

Las condiciones naturales de los suelos escarpados del municipio de Manizales y el emplazamiento en zona de media ladera han condicionado el desarrollo vial, especialmente en sentido norte-sur. En la actualidad, de un total de 730 km de vías, el 2,6% corresponde a las vías principales, el 9,6% a arterias secundarias, el 8,3% se distribuye en las vías colectoras y el 79,5% son vías locales. El 56,3% de las vías están construidas en concreto, el 31,2% en asfalto, el 8,2% está en afirmado y el 4,3% en tierra. En el sector rural la cobertura vial es baja, aunque el sistema de comunicación con el área urbana posee un total de 408,55 km de vía, el transporte hacia estas zonas se realiza esencialmente en camperos. Manizales posee en la actualidad 58 593 vehículos en total.

En cuanto al transporte aéreo se realiza a través del aeropuerto La Nubia, pero se encuentra en proceso de licitación la construcción de uno nuevo, de características internacionales, el cual estará localizado cerca al municipio de Palestina (Caldas) y entrará en funcionamiento a partir del año 2008 (Secretaría de Obras Públicas, 2006; Corpocaldas, 2002).

### Educación

Según registros de la Secretaría de Educación del Municipio para el año 2006, en Manizales existen 180 centros educativos, de los que 83 pertenecen al sector público y 97 al sector privado en diferentes jornadas, para atender a 82 749 estudiantes. En la zona cafetera del Municipio, el Comité Departamental de Cafeteros ha promovido el programa Escuela Nueva, proceso que se realiza mediante la utilización de guías de auto instrucción; también se tiene el programa Escuela Virtual en el área rural con la participación de la empresa Microsoft, en él se utiliza el computador como una herramienta que facilita el aprendizaje en todas las áreas del currículo escolar.

Manizales tiene un gran número de centros educativos de educación superior, en el año de 1999 se reporta una población universitaria de 29 435 estudiantes, como complemento a esta educación superior presencial existen en la ciudad universidades que ofrecen educación a distancia. El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA imparte la educación no formal, acción que también realizan otros centros. Además el municipio también cuenta con el Centro de Investigaciones de Café Pedro Uribe Mejía, Cenicafé, el cual tiene como objetivo

contribuir con la generación de conocimientos y tecnologías para la productividad y sostenibilidad de la caficultura colombiana (Secretaría de Educación, 2006; Corpocaldas, 2002).

## Aspectos ambientales

### Abastecimiento de agua

Las fuentes que abastecen a Manizales son los ríos Chinchiná (70%) y Blanco (30%), también utilizados para la generación eléctrica por parte de la Central Hidroeléctrica de Caldas–CHEC. La excesiva demanda representa una gran presión por el recurso hídrico, por lo cual se llevó a cabo el proyecto de reglamentación y ordenación del recurso hídrico de la cuenca del río Chinchiná, que ejecutó Corpocaldas, mediante el cual se implementa el modelo de gestión integral del recurso hídrico en cuatro líneas de actuación:

- El monitoreo a través de muestreos periódicos que aportan insumos para la modelación de la calidad y ordenación del recurso hídrico.
- La reglamentación de acuerdo con las necesidades reales de los actores asentados en la subcuenca; obtención de criterios técnicos y operativos para determinar el caudal ecológico enlazado a proyectos que permitan mantener, regular y mejorar la oferta.
- La ordenación del uso del recurso hídrico con base en los resultados del monitoreo de calidad y las actividades que se desarrollan en la cuenca.
- La descontaminación mediante el ejercicio de la autoridad ambiental para la vigilancia y control de las actividades asentadas en la cuenca susceptibles de generar contaminación del recurso hídrico.

Dentro del estudio de factibilidad para la recuperación y mantenimiento de la calidad de la cuenca del río Chinchiná de la cual hace parte Aguas de Manizales S.A. E.S.P, en su fase I, se tienen en cuenta aspectos como: la colección y conducción de las aguas servidas, su tratamiento antes de ser devueltas a los cuerpos de agua, los costos de tratamiento, el impacto socioeconómico en la comunidad por el cobro de un nuevo servicio, y el impacto financiero e institucional para la empresa.

Aguas de Manizales S.A. E.S.P, tiene una red de colectores e interceptores a lo largo de la ciudad, con el propósito de recolectar y tratar las aguas residuales domésticas. Además, lleva a cabo un programa de conservación de cuencas hidrográficas de 3600 ha en la cuenca del río Blanco y 1638 ha de la cuenca del río Chinchiná, que en asocio con las 4000 ha de la CHEC, dan una cobertura de suelos de protección de aproximadamente 9000 ha, lo cual garantiza la sostenibilidad de las fuentes que generan el agua de la ciudad.

### Materiales de construcción

Los principales materiales de arrastre utilizados para fines de construcción son arena, piedra y grava de varios calibres, cuya extracción se realiza así:

Explotación manual: existen seis núcleos de extracción localizados esencialmente sobre el cauce del río Chinchiná (zona donde se obtiene el material de arrastre de mejor calidad), en las quebradas Manizales y Olivares; donde la extracción promedio calculada por mes oscila entre 13 600 y 24 000 m<sup>3</sup>.

Explotación mecanizada: existen nueve sectores donde se realiza este tipo de extracción, tres se encuentran sobre el río Guacaica, tres en el sector medio del río Chinchiná y tres en la parte baja del río Chinchiná; esta explotación se realiza en los meses de diciembre a febrero y de junio a septiembre, en los demás meses del año que son lluviosos se da la recuperación de las corrientes.

Explotación minera a cielo abierto: es la extracción del material de canteras, este material está conformado por rocas ígneas (gabros y diabasas) y se emplea especialmente para el afirmado de vías. La explotación se realiza en las veredas Quebra de Vélez, Cueva Santa y La Argelia (Corpocaldas, 2002)

Zonas de alto riesgo (por amenazas naturales)

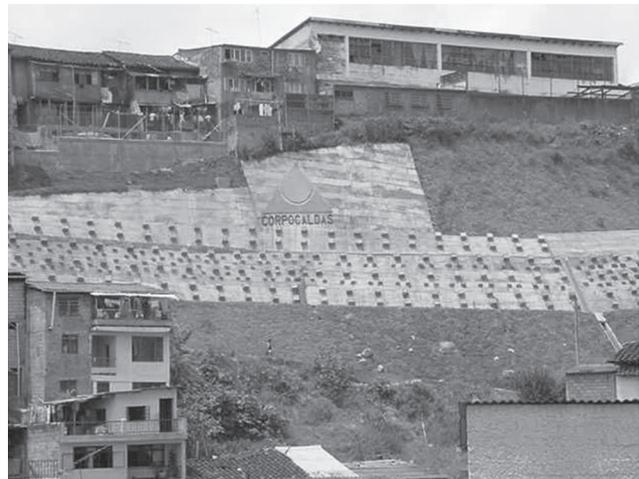
Manizales está en una zona con amenaza alta por movimientos en masa (deslizamientos), inundaciones y por sismicidad, por eso en la parte de amenazas se ha llevado a cabo en la ciudad el programa de gestión para el riesgo, ejecutado por Corpocaldas y la OMPAD el cual consta de los siguientes proyectos:

- Investigación y monitoreo de amenazas naturales y antrópicas. En este proyecto se tiene muy en cuenta el POT, con base en estos datos se están realizando estudios de carácter geológico, geotécnico e hidráulico con el fin de redefinir zonas de alto riesgo para lo cual se propuso una “sub-clasificación” así: a) zonas de alto riesgo mitigable, en las cuales se realizan obras para la estabilización de movimientos en masa y para el control de procesos erosivos y b) zonas de riesgo no mitigable, cuyo estudio conlleva la reubicación de la población allí ubicada. Otra labor que se ejecuta dentro de este proyecto es el monitoreo a las obras ya ejecutadas, con el fin de observar su comportamiento y tomar las medidas necesarias para que la obra genere el menor riesgo posible a la población aledaña a ella.
- Reducción del riesgo mediante medidas estructurales y no estructurales. Las medidas estructurales corresponden a obras de control de erosión y estabilización de taludes, a obras de manejo de aguas superficiales, corrección de cauces y control de inundaciones (figura 6).

Mientras que las medidas no estructurales están orientadas a la capacitación en temas ambientales, como la que se ha impartido a 60 comunidades de zonas de alto riesgo en el tema de gestión del riesgo a través del programa Guardianes de la ladera, el cual se inició en el año 2003 a raíz de los diferentes eventos de movimientos de masa ocurridos, que llevaron a que la gente se concientizara del problema social y ambiental ocasionado por este tipo de desastres naturales; en este programa trabajan 100 mujeres cabeza de familia de las 11 comunas de la ciudad; su labor está enfocada a limpiar, mantener, vigilar y controlar las laderas del área urbana y las diferentes obras de estabilidad realizadas en sus respectivas comunas. Estas mujeres reciben una capacitación cada mes en las áreas ambiental, social y técnica, y ellas a su vez son multiplicadoras de estos conocimientos, por eso otra de sus labores es la sensibilización y capacitación de la comunidad en tres escenarios diferentes: el trabajo puerta a puerta, en escuelas y colegios y con las juntas de acción comunal del área de trabajo que les corresponde.



a) Barrio El Palmar



b) Barrio Colombia

Figura 6. Zonas en alto riesgo, antes y después de realizadas las obras de estabilidad

A raíz de los buenos logros obtenidos con el Programa Guardianas de la Ladera, la Alcaldía de Manizales, apoyada por la Corporación para el Desarrollo de Caldas (CDC), la Empresa Metropolitana de Aseo (EMAS) y la Fundación Manizales Florece, pretende ofrecer a la comunidad parques más bonitos, limpios y seguros, buscando de esta manera mejorar su calidad de vida, a través del desarrollo del programa Guardianes de los parques. Este programa pretende realizar una labor de “cuidado y protección de los parques en comunidad” que en la ciudad son 210, a partir de la vinculación laboral y directa de 21 personas de la comunidad, con el fin de que su ejemplo y su labor de limpieza y capacitación hacia la población, produzcan efectos multiplicadores para lograr una toma de conciencia general sobre la importancia de mantener en buen estado estas zonas.

La OMPAD, en su programa de gestión del riesgo, realiza primero la identificación del riesgo, etapa en la que se tienen en cuenta aspectos como:

- La instrumentación sísmica con base en una red de acelerógrafos y la información meteorológica a través de una red de estaciones, en convenios que se tienen con Ingeominas, y la Universidad Nacional de Colombia, seccional Manizales, entidades que ayudan a estudiar los fenómenos y a emitir alertas.
- Continuamente desde Manizales Ingeominas (Observatorio Vulcanológico y Sismológico) vigila los volcanes del área y la actividad sísmica.
- Manizales cuenta con mapas geológicos de microzonificación sísmica, de procesos erosivos y de zonas de riesgo en su POT, que permiten fortalecer y consolidar los sistemas de información sobre riesgos.

También en su programa realiza la labor de la reubicación de familias que se encuentran en zonas de alto riesgo garantizando la entrega de viviendas adecuadas y seguras para ellas, la ciudad ha logrado la reubicación de 1020 familias y actualmente gestiona la reubicación de 1000 familias más. Se busca que las áreas liberadas en los procesos de reubicación sean recuperadas, adecuadas y manejadas con la participación de la comunidad para que se conviertan en zonas de protección ambiental.

Además, la OMPAD maneja la Transferencia del Riesgo cuyo objetivo es la protección financiera del municipio ante las pérdidas que pueden ocurrir en su infraestructura pública, cuenta con un programa de aseguramiento colectivo de las propiedades privadas denominado *Manizales predio seguro* y también realiza el reforzamiento estructural de algunas edificaciones que son patrimonio municipal. Para la realización de estas actividades ha sido de vital importancia la microzonificación sísmica de la ciudad (ingeniero Carlos García, OMPAD; Geóloga Lorena Sanz, CORPOCALDAS; trabajadora social Gloria Inés Giraldo, Programa Guardianes de la ladera, comunicación oral).

#### Zonas de expansión futura

Durante la vigencia del Plan de Ordenamiento Territorial, se tienen establecidas las siguientes áreas como suelo de expansión urbana: el sector de La Aurora para el desarrollo de vivienda de interés social; el sector de El Rosario

tendrá como uso principal la vivienda y el sector de la vereda Colombia para el asentamiento industrial. Adicionalmente, de acuerdo con las proyecciones de los requerimientos de área para cubrir la demanda de vivienda dentro de la vigencia del Plan de Ordenamiento actual, se necesitan 352,2 ha. Dentro del suelo urbano definido, las áreas que pueden ser ocupadas por asentamientos humanos suman aproximadamente 192 ha (Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales, Alcaldía de Manizales, 2001).

#### Contaminación – plantas de tratamiento

Dentro de esta actividad se encuentran los proyectos de descontaminación que ejecuta Corpocaldas con el Comité de Cafeteros dentro del programa de Saneamiento Básico Rural, y con Aguas de Manizales para la construcción del interceptor sobre la quebrada Manizales. En el convenio iniciado en el año 2004 con Aguas de Manizales se adelantan obras de saneamiento básico orientadas a la descontaminación hídrica, que buscan canalizar todas las aguas del sector industrial con la construcción del Interceptor quebrada Manizales-Zona Industrial; como parte integral del proyecto de descontaminación de la quebrada Manizales y el río Chinchiná, se ha estructurado el esquema de reuso de las aguas residuales en el proceso y la infraestructura de generación de energía eléctrica por parte de la CHEC, descargando las aguas colectadas en el canal de la CHEC a la altura de la bocatoma de Sancancio.

El interceptor en la actualidad tiene una cobertura de 4,5 km y se encuentra desde San Marcel hasta las casas cercanas a Madeal; en el futuro se pretende que el interceptor alcance una distancia de 6 km y llegue hasta la última empresa del sector industrial, y su sistema constaría de un interceptor, una estructura de entrega y una estructura de llegada (unidades de tratamiento).

Dentro de este proyecto también se han tenido algunas comunicaciones con la CAF (Corporación Andina de Fomento), que es una agencia española que aporta al saneamiento básico y con la cual se han planteado objetivos como:

- Evaluar y determinar las condiciones de operación del interceptor y los riesgos que pueden generar las aguas residuales sobre la infraestructura CHEC.
- Definir desde el punto de vista técnico, económico y ambiental la alternativa de tratamiento de los vertimientos colectados.
- Desarrollar estudios técnicos que permitan determinar los cambios potenciales en los canales de conducción CHEC.

#### Relleno sanitario

El relleno sanitario en la ciudad de Manizales es manejado por EMAS (Empresa Metropolitana de Aseo S.A. E.S.P.), la cual es en un 51% privada y en un 49% pública; esta empresa nació a raíz de la Ley 142 de 1994 y comenzó a laborar en febrero de 1995, cumpliendo con su función de recolectar, transportar y manejar los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad. Tiene en la actualidad un área de 54 km y una vida útil de 20 años fijada hasta el 2016, aunque se tiene como proyecto la adquisición de 100 ha más para ampliar la vida útil a 25 años; recibe 400 toneladas de residuos al día.

Este relleno es de carácter regional y aparte de realizar su labor con la ciudad de Manizales también recolecta residuos sólidos domiciliarios en la ciudades de: Chinchiná, Palestina, Belalcázar, Risaralda, San José y Anserma; además recibe también la basura proveniente de Villamaría, Neira, Aranzazu, Salamina, La Merced, Marulanda, Filadelfia, Supía, Marmato y Río Sucio del departamento de Caldas; Santa Rosa de Cabal de Risaralda, Fresno y Herveo del Tolima, y Valparaíso de Antioquia.

#### Microzonificación sísmica

Anterior a la microzonificación sísmica se realizó un trabajo de neotectónica enfocado a la identificación de las fallas con actividad pleistocénica, en el cual se determinaron segmentos móviles y las magnitudes máximas esperadas ante eventos sísmicos asociados a ellas.

Manizales cuenta con el estudio de microzonificación sísmica mediante el cual se tiene subdividida la ciudad en zonas en las cuales se espera un comportamiento sísmico similar para efectos de planificación urbana, diseño sismorresistente de la infraestructura, evaluación y estimación de daños y pérdidas y elaboración de planes de contingencia y reacción. Para cada una de las zonas en que se subdivide la ciudad se especifican los requisitos generales para el diseño sismo resistente de estructuras y se cuantifican los fenómenos sísmicos asociados que pueden presentarse.

Actualmente se cuenta con un software de cálculo automático por ubicación geográfica de espectros de diseño sismo-resistente y se realiza el aseguramiento de todos los inmuebles públicos de la ciudad, mediante una póliza de seguros colectiva contra terremotos. Uno de los aspectos que resulta de vital importancia consiste en la instalación y operación de equipos acelerográficos que permitan contar en un mediano plazo con señales de sismos reales ocurridos, lo cual es de vital importancia para garantizar la confiabilidad y grado de cubrimiento de los estudios analíticos (ingeniero Carlos García, OMPAD, comunicación oral; geóloga Mónica Dunoyer. Microzonificación sísmica de la ciudad de Manizales, 2002).

#### Aspectos reglamentarios e institucionales

##### Área metropolitana

En la ciudad se han realizado estudios orientados a definir si debe realmente estar constituida por los municipios de Chinchiná, Manizales, Neira, Palestina y Villamaría. Pero lo más importante radica en saber cuál es la mejor manera para que esta porción de territorio pueda fortalecerse para lograr la anhelada integración a la Ciudad Región Ecorregión (POT, 2001).

##### Plan de Ordenamiento Territorial - POT

El POT de Manizales surgió a raíz del acuerdo 508 del 12 de octubre del año 2001 y fue modificado mediante el acuerdo 573 del 24 de diciembre del año 2003, hasta el momento los parámetros consignados en él se están cumpliendo (geólogo Alfredo Zuluaga, OMPAD, comunicación oral; POT, 2001) (figura 7).

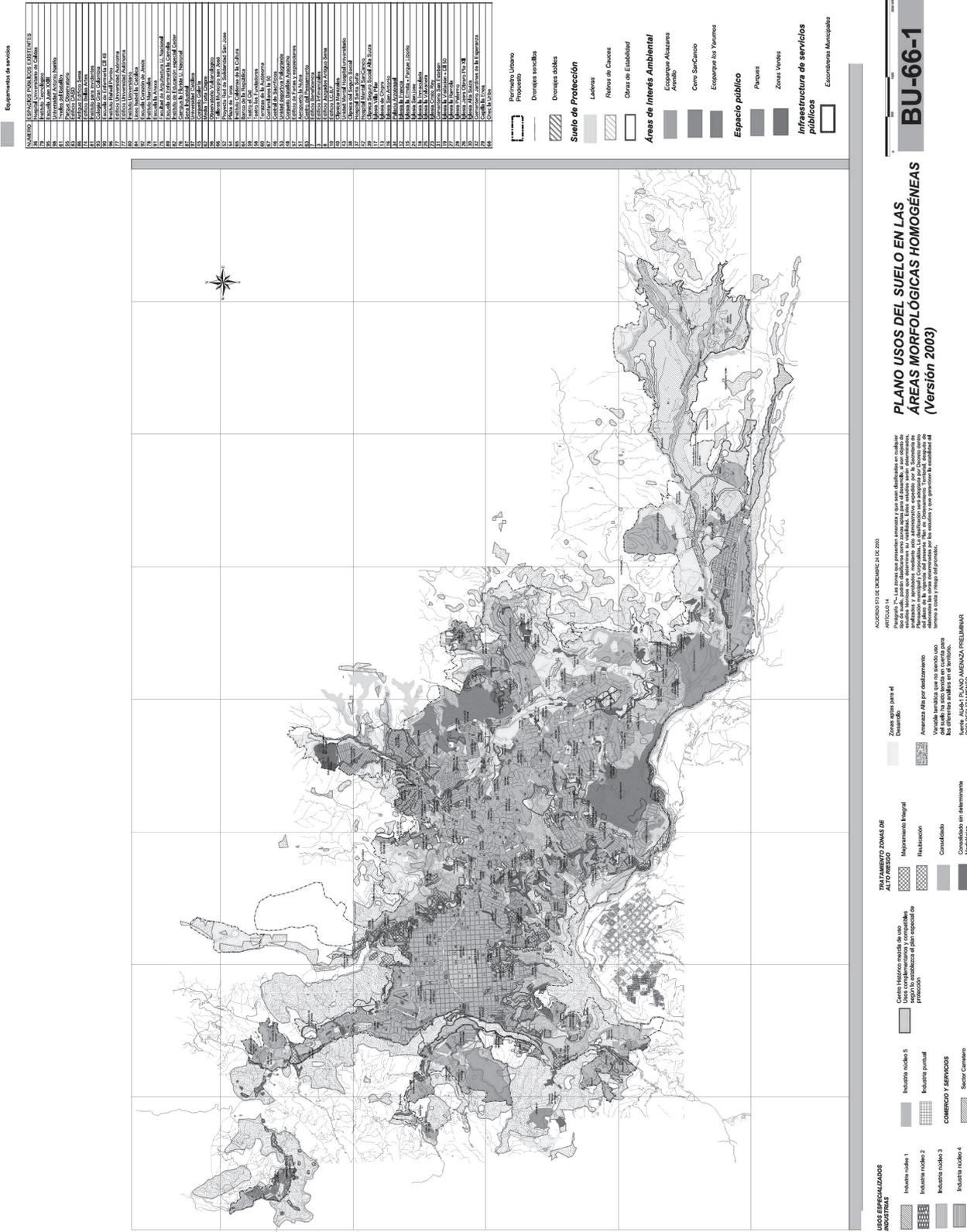


Figura 7. Plano de usos de suelo en las áreas morfológicas homogéneas

### Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres - OMPAD

Esta oficina fue creada a partir del acuerdo 401 del 15 de diciembre de 1998 y está adscrita directamente al despacho del Alcalde. Su objetivo es desarrollar, coordinar y ejecutar las políticas y estrategias que conduzcan a la protección de la vida y bienes de los habitantes del municipio, especialmente de los ubicados en zonas de mayor riesgo y orientar acciones que conduzcan a la mitigación de los riesgos, analizando las implicaciones del patrón de desarrollo municipal, los movimientos de tierra y las obras de estabilidad que se deben ejecutar. También es la entidad encargada de la coordinación del comité local de emergencias, el cual fue creado bajo el decreto 200 del año 2000 con el nombre de Comité local para la prevención, atención y recuperación de desastres Colpade.

### Conclusiones

- Debido a las grandes pérdidas humanas y materiales que en años anteriores ha sufrido por efecto de los fenómenos naturales, Manizales se ha convertido en el núcleo del conocimiento y de las acciones en prevención y atención de los desastres, enfocando sus objetivos y esfuerzos a la planificación y gestión del riesgo, y al trabajo interinstitucional y multidisciplinario, haciendo partícipe de esta labor a la misma comunidad y proyectándose como un ejemplo de gestión local e integral del riesgo en el nivel nacional e internacional.
- La administración municipal, las entidades prestadoras de servicios públicos y privados de la ciudad al igual que la población están tomando conciencia de la importancia de conservar y proteger el recurso hídrico, las obras de estabilidad ejecutadas y en general, hacer un uso racional de los recursos, gracias al trabajo de capacitación que vienen realizando diferentes instituciones de la ciudad.
- En Manizales se han venido realizando diversas obras de estabilización con el fin de disminuir los niveles de riesgo y contaminación en la ciudad, principalmente en las comunidades asentadas en las zonas de ladera, buscando el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

### Agradecimientos

La información suministrada por las siguientes entidades de la ciudad: Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres (OMPAD), Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas), Empresa Metropolitana de Aseo S.A. E.S.P (EMAS), Aguas de Manizales S.A. E.S.P, Programa Guardianes de la ladera, Secretaría de Educación y Secretaría de Obras Públicas.

### Bibliografía

- ALCALDÍA DE MANIZALES (2001). Plan de Ordenamiento Territorial–POT, componente general, 163 p.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS–CORPOCALDAS (2002). Agenda para la gestión ambiental del municipio de Manizales. 232 p.
- SECRETARÍA DE EDUCACIÓN (2006). Base de datos Centros Educativos de Manizales.



# Medellín

Michel Hermelin / Diego A. Rendón

## Introducción

Por motivos tanto biofísicos como socioeconómicos ambientales y políticos es indispensable considerar a Medellín en su entorno natural: el valle de Aburrá, donde también se asientan otros nueve municipios (Caldas, Sabaneta, La Estrella, Itagüí, Envigado, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa) integrados (excepto Envigado) con Medellín en el área metropolitana: aunque su énfasis será Medellín, este capítulo analizará los aspectos correspondientes a todo el valle (figura 1).

Medellín ha sido denominado por sus habitantes con seudónimos que muestran el afecto idealizado que le tienen a su ciudad: la Bella Villa, la Tacita de Plata, la Ciudad de las Flores, la capital de la Montaña, la Ciudad de la Eterna Primavera. Sin embargo, como todas las ciudades colombianas, ha sufrido un enorme incremento poblacional que se refleja en una disminución de la calidad de vida y de las condiciones socioeconómicas de los habitantes y en el impacto de la urbanización sobre el entorno natural.

La ciudad, con respecto a otras poblaciones de Antioquia, fue fundada relativamente tarde (1675). La función del valle de Aburrá en la economía colonial era el abastecimiento en productos agrícolas de los establecimientos mineros. La capital del departamento fue inicialmente Santa Fe de Antioquia, localizada en la cordillera Occidental cerca del río Cauca. Sólo a partir de 1826 fue reconocida Medellín como capital.

El crecimiento desmesurado de Medellín comenzó a partir de la segunda mitad del siglo xx, cuando el desarrollo industrial y la emigración campesina se unieron para que la población de la ciudad aumentara en forma vertiginosa. Uno de los problemas que sufren Medellín y el valle de Aburrá es la falta de espacio para su desarrollo futuro. Eso ha motivado el traslado de varias industrias hacia el Oriente antioqueño, entre otros lugares. Del aspecto natural del valle de Aburrá, admirado antaño por viajeros extranjeros (Gosselmann, 1826), o por los mismos habitantes del lugar (Uribe, 1885), poco queda hoy en día: la invasión urbana ha sumergido la hermosura prístina del paisaje.

## Entorno biofísico

### Paisaje

El valle de Aburrá está situado en la parte norte de la cordillera Central, a unos 6° 30' de latitud norte. Es una depresión topográfica alargada compuesta de dos tramos: el sur, de unos 30 km, que va de Caldas a Bello en una dirección casi de sur a norte, con una suave curvatura entre Sabaneta y Envigado. El otro tramo tiene dirección noreste y se extiende unos 35 km de Bello a Barbosa. El

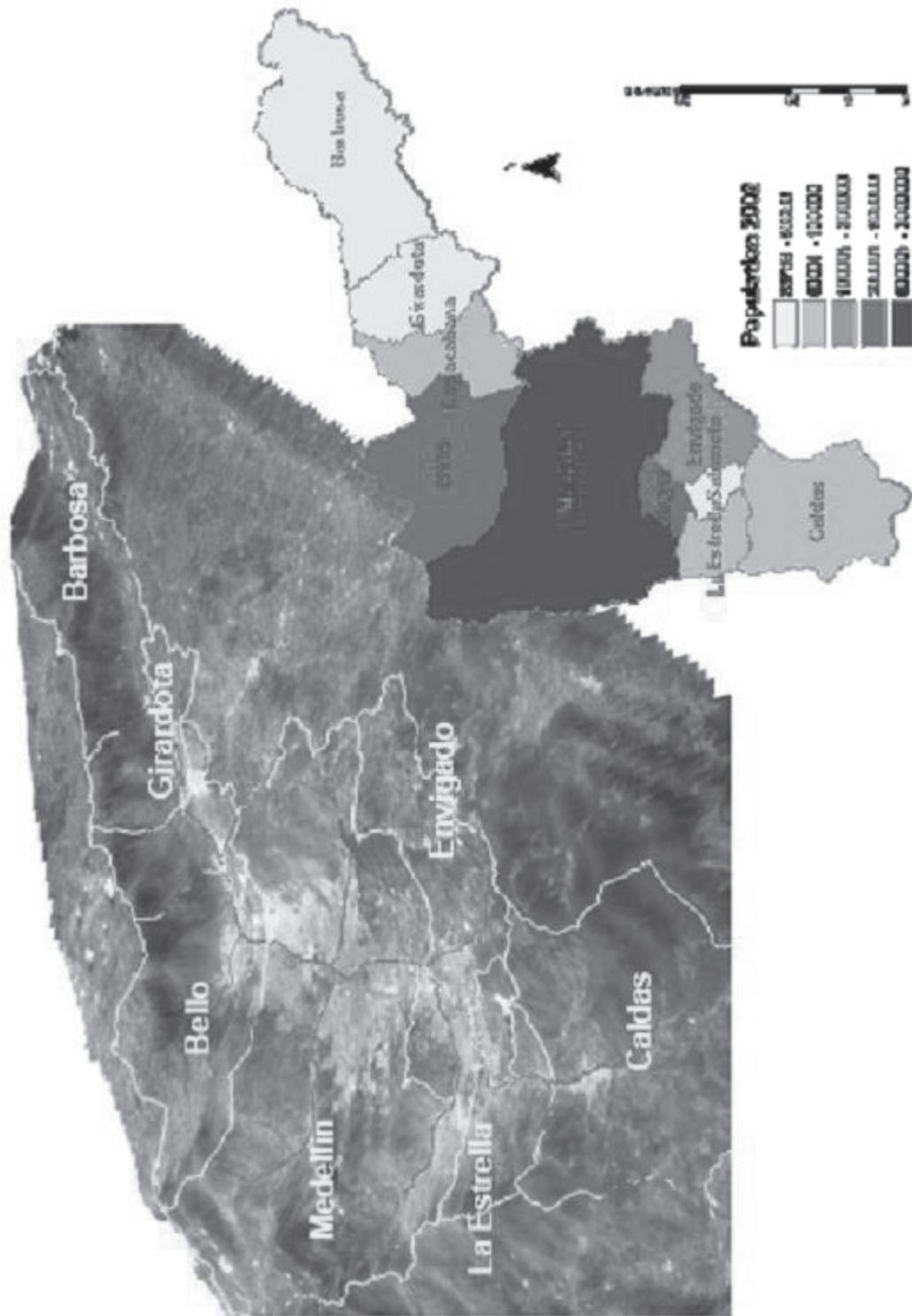


Figura 1. Mapa de elevación digital

fondo del valle, donde corre el río Medellín, va desde unos 1800 m en Caldas hasta unos 1400 m en Barbosa. El valle, inicialmente estrecho, se abre a la altura de Medellín, donde alcanza una amplitud de unos 7 km; está bordeado por montañas que alcanzan alturas de unos 3000 m (alto de San Miguel, alto del Padre Amaya, alto de Boquerón) y por altiplanos poco disectados como el de Santa Elena, el de San Vicente-Rionegro y el Llano de Ovejas (figura 2).

#### Clima y vegetación

El clima en el valle de Aburrá tiene las siguientes características (Pérez, 1993):

- Temperaturas medias, que van de unos 22° C hasta unos 13° C, con variaciones diurnas/ nocturnas pero sin cambios a lo largo del año.
- Precipitación con valores máximos de unos 3000 mm anuales en la zona del alto de San Miguel hasta unos 1500 mm en Medellín y 1400 mm en la zona de Bello. La lluvia está controlada por la topografía: la dirección general de los vientos alisios (noreste) se modifica en el cambio de dirección del valle en Bello y la precipitación tiende a aumentar hacia el sur, donde el valle se cierra y las masas de aire húmedo suben y se condensan.

Existen además áreas de extensión limitada donde también por control topográfico se presentan corrientes ascendentes que llegan a generar una mayor pluviosidad local. El conocimiento de los microclimas del valle de Aburrá es aún insuficiente en la actualidad. Por otra parte, el clima del valle está influenciado por los cambios de la zona de convergencia intertropical cuyo paso sobre el área genera en abril-mayo y en octubre-noviembre los dos períodos de máxima pluviosidad.

La tabla 1 muestra las formaciones vegetales o zonas de vida existentes en el valle de Aburrá

Tabla 1. Formaciones vegetales del valle de Aburrá (Zonas de vida) (Pérez, 1993)

Zona	Biotemperatura promedio °C	Precipitación mm/a	Altura msnm
bh-PM (1)	17-22	1400- 2000	1300-1900
bmh-PM (2)	17-20	2000-3500	1500-1900
bh-MB (3)	14-17	1500-2000	1900-2500
bmh-MB (4)	12-20	2000-3500	1850-2850
bp-M (5)	10-12	2000-3500	2800-2300

Tabla 1: Formaciones vegetales del valle de Aburrá (zonas de vida) (Pérez, 1993)

- (1) bosque húmedo- Pre Montano (4) bosque muy húmedo-Montano Bajo  
 (2) bosque muy húmedo-Pre Montano (5) bosque pluvial-Montano  
 (3) bosque húmedo-Montano Bajo

Significa que la vegetación natural del valle fue el bosque tropical, exceptuando las zonas más pendientes donde se presentan afloramientos de roca y posiblemente las llanuras bajas inundables.

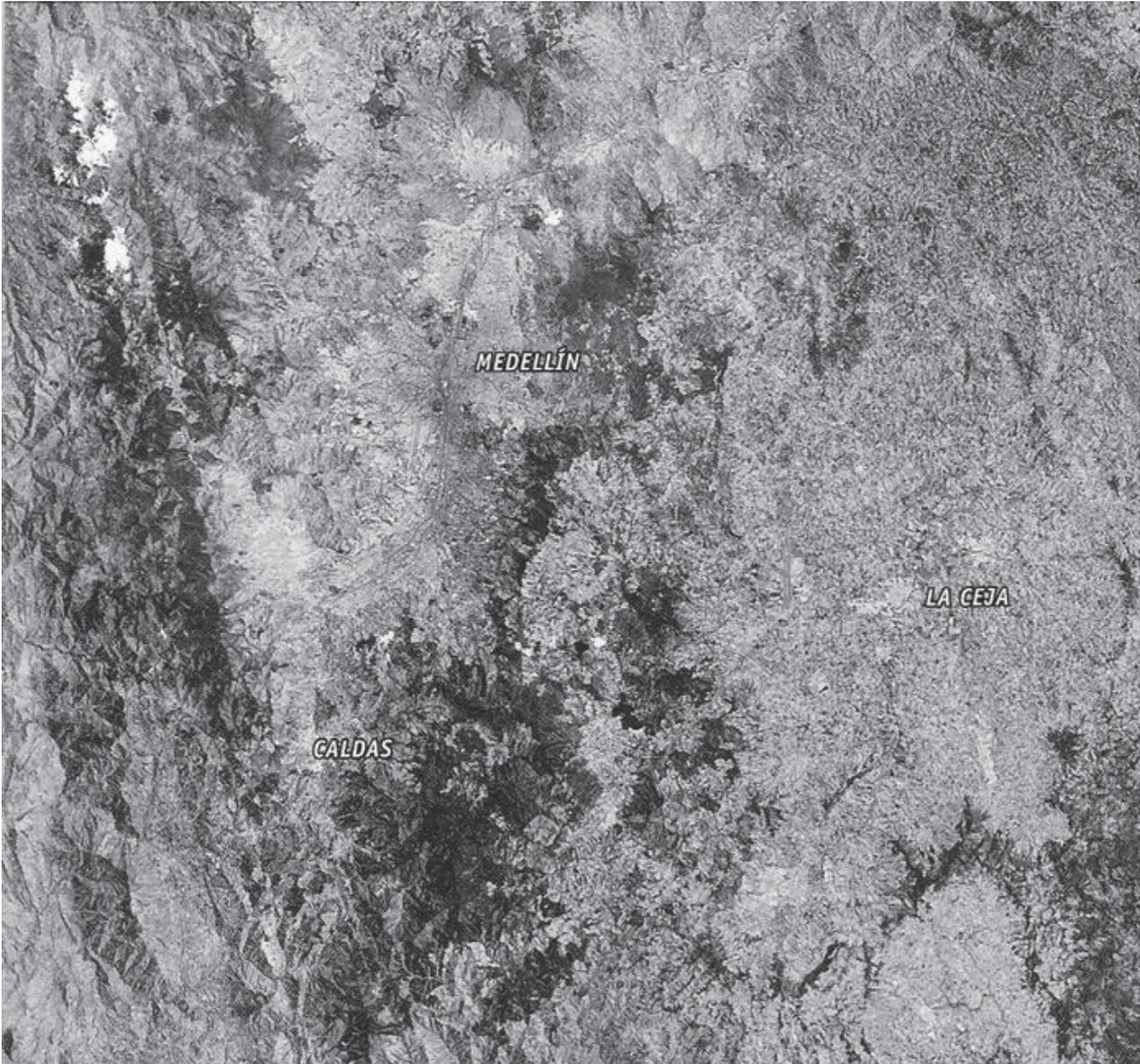


Figura 2. Imagen de satélite

## Hidrología

La red de drenaje del valle de Aburrá viene determinada por el río Medellín, el que aguas abajo toma el nombre de río Porce y desemboca en el río Nechí, a su vez afluente del río Cauca y sus afluentes torrenciales. Estos nacen en su mayoría en el valle mismo, otros en los altiplanos vecinos (quebradas Santa Elena, La García, Piedras Blancas, Ovejas) y otros parecen tener control estructural como las quebradas Doña María y La Iguaná, asociadas la primera con un ramal de la Falla Romeral. El mismo río Medellín, aguas arriba de Caldas, tiene carácter torrencial y también está asociado a la misma falla.

Dos cierres rocosos del valle son notorios: el ancón Sur, localizado entre la Estrella y Sabaneta y el ancón Norte, por la acumulación de materiales procedentes de grandes movimientos de vertiente (Shlemon, 1979).

## Geología, geomorfología, tectónica reciente, subsuelo

### Litología

El valle de Aburrá presenta un complejo marco geológico, teniendo en cuenta la presencia en sus inmediaciones de varios terrenos alóctonos acrecionados y la fuerte influencia tectónica de los sistemas de fallas Cauca y Romeral, además de otros sistemas asociados. La geología del basamento ha sido descrita en varias publicaciones; sin embargo, muchos aspectos permanecen en medio de la controversia y la discusión científica (Feninger et al, 1972; Toussaint; 1993, 1994, 1996; Maya & Gonzalez, 1995; Pardo & Moreno, 2001; Ordoñez & Pimentel, 2001; Ordoñez et al, 2001). A pesar de lo compleja, la geología regional debe ser analizada para poder entender la particular posición del valle de Aburrá en medio de bloques de corteza heterogéneos.

El valle de Aburrá está constituido por tres unidades litodémicas que se extienden desde el Ecuador hasta las tierras bajas del norte de la cordillera Central. Dichas unidades han sido definidas como complejos por Maya & González (1995). Adicionalmente en la región, afloran varios cuerpos plutónicos mesozoicos así como extensos depósitos de vertiente y aluviales con edades desde el Terciario tardío hasta el Holoceno (figura 3).

### Complejo polimetamórfico de la cordillera Central

Este complejo corresponde a un extenso cinturón metamórfico, caracterizado por una gran variedad de litofacies cuyas relaciones espacio-temporales son aún foco de interesantes discusiones. Esta unidad fue inicialmente definida hacia el centro del país por Nelson (1957), quien las denominó Complejo Cajamarca. Limitado al este por la falla Otú-Pericos y hacia el oeste por el sistema Romeral, que en el valle de Aburrá está representado por la falla San Jerónimo. En el valle y sus alrededores las rocas de este complejo presenta la mayor variedad composicional. Hacia el sur, cerca de la población de Caldas, aflora un cuerpo alargado de ortoneis, con edades entre 343 Ma (K/Ar) y 391 Ma (Rb/Sr) (Restrepo & Toussaint, 1982) y en relación intrusiva con esquistos y anfibolitas que se extienden por el flanco occidental del valle hacia el norte. En inmediaciones de Envigado afloran de nuevo gneisses, pero de composición diferente, que varían facialmente hacia el oriente hasta granulitas e incluso migmatitas, ya fuera del valle.

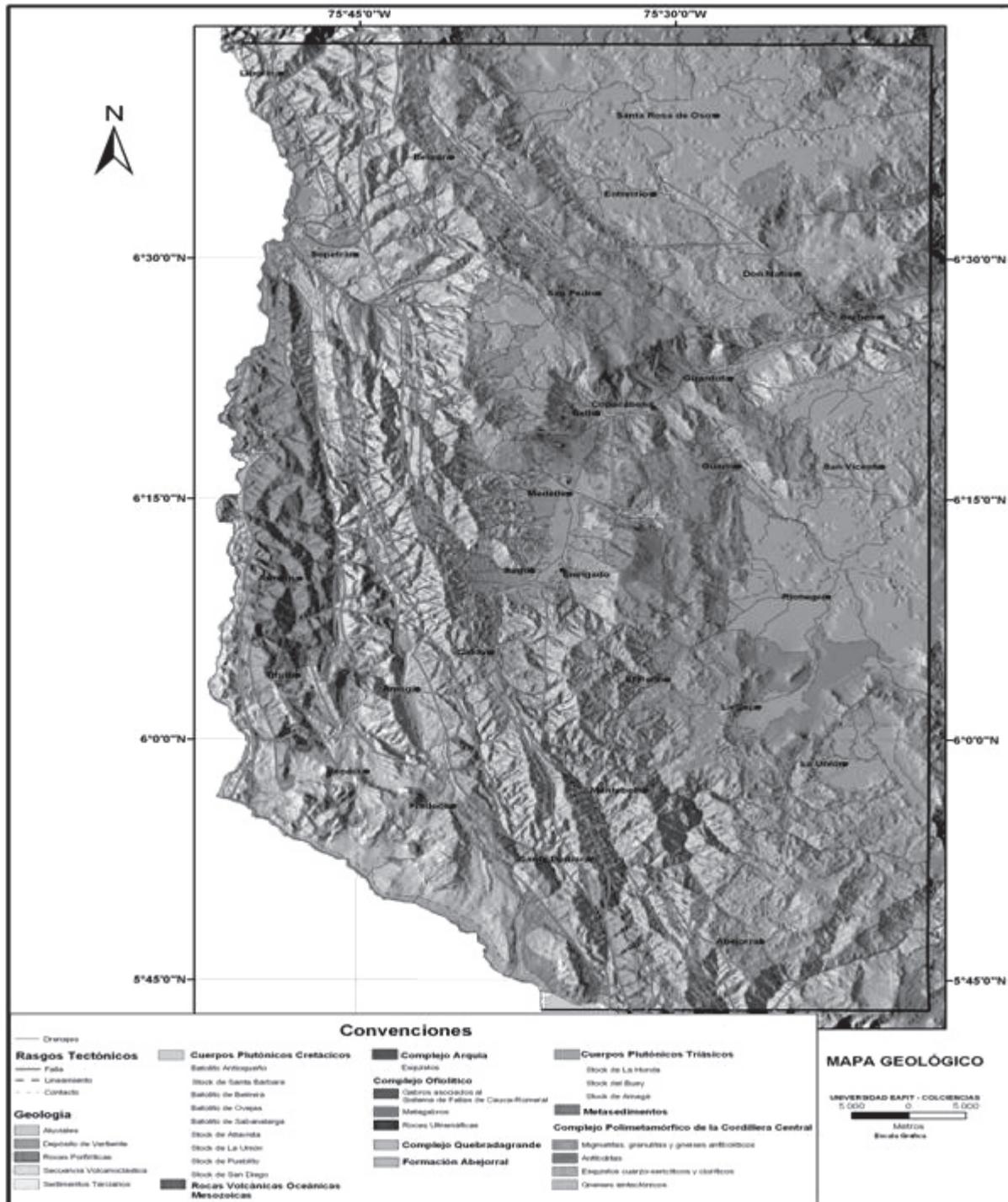


Figura 3. Mapa geológico y de relieve

Sobre las anfibolitas que constituyen una porción considerable del valle de Aburrá se han presentado varias ideas y modelos interpretativos. Inicialmente se incluyeron dentro del grupo Ayurá Montebello (Botero, 1963), posteriormente se involucraron en el complejo polimetamórfico de la cordillera Central (Restrepo y Toussaint, 1984), más tarde se identificaron diferencias y se planteó su separación (Rendón, 1999). Correa y Martens (2000) desarrollaron un estudio petrográfico, cartográfico y geoquímico que les permitió diferenciar varios grupos de anfibolitas, además identificaron una serie de cuerpos de metagabros, los cuales asociaron con un antiguo complejo ofiolítico (ver más adelante; Restrepo et al, 2003). Para el resto de anfibolitas identifican un evento metamórfico Triásico (226Ma, Sm/Nd).

Los datos geocronológicos obtenidos en el complejo polimetamórfico de la cordillera Central indican la ocurrencia de varios eventos metamórficos. Al menos dos de ellos de edad Paleozoica (Maya, 1992), uno Triásico (Ordoñez et al., 2000; Correa & Martens, 2000) y otro Cretácico (Restrepo & Toussaint, 1984).

#### Complejo Quebradagrande

Esta secuencia volcano-sedimentaria fue definida originalmente por Botero (1963) y corresponde a un cinturón discontinuo limitado por rasgos estructurales mayores. Hacia el este la falla San Jerónimo separa esta unidad del Complejo Polimetamórfico de la cordillera Central, la cual cruza por el extremo sur occidental del valle de Aburrá. El límite occidental corresponde a la Falla Silvia-Pijao-Piedecuesta en el valle del Cauca, que la pone en contacto con unidades metamórficas del Complejo Arquía (Maya & Gonzalez, 1995)

El Complejo Quebradagrande consiste de rocas sedimentarias y volcánicas; además, presenta cuerpos gabroicos y duníticos fuertemente tectonizados (Ortiz, 2002). Los efectos tectónicos son frecuentes en este Complejo, especialmente con tendencia norte-sur, mostrando algunos paquetes miloníticos de extensión regional (Pardo & Moreno, 2001). La secuencia sedimentaria corresponde a cherts, grauwackas y limonitas negras, datadas como del Cretácico temprano (Radelli, 1967 en Restrepo & Toussaint, 1984). Los materiales volcánicos comprenden tobas, aglomerados, andesitas y basaltos, cuyas dataciones han arrojado edades K/Ar cercanas también al Cretácico temprano, alrededor de 105 Ma (Restrepo & Toussaint, 1975).

La interpretación geodinámica de estas rocas marinas constituye un trabajo fascinante aún en desarrollo. Nivia et al (1996) asocia estas rocas a una cuenca tras-arco que se abrió durante el Jurásico-Cretácico temprano, que fue luego cerrada y parcialmente obducida contra el Complejo Polimetamórfico. Por otro lado, Restrepo & Toussaint (1984) plantean un origen alóctono de estas rocas oceánicas y su acreción al continente desarrollando la sutura de Cauca-Romeral y la posterior transformación, por el cambio en los esfuerzos, de dicha sutura en una zona de dispersión de rumbo.

#### Complejos ofiolíticos

Varios cuerpos igneos ultramáficos discontinuos se presentan en el valle de Aburrá, caracterizados por un alto grado de deformación, límites fallados, orientación norte-sur y forma lenticular. Algunos autores, basados en los di-

ferentes efectos metamórficos y en escasas edades radiométricas (Toussaint, 1996; Restrepo et al., 1981), definen al menos dos complejos ofiolíticos diferentes; sin embargo, estos conjuntos aún no están claros.

Cerca de los municipios de Caldas, La Estrella y del corregimiento de San Antonio de Prado, a lo largo de la falla San Jerónimo y sus estructuras satélites, se presentan varios cuerpos lenticulares de dunita, peridotitas y gabros. Restrepo & Toussaint (1975) obtuvieron edades entre el Jurásico tardío y Cretácico temprano para estas rocas, concordante con la edad del Complejo Quebradagrande. Estos cuerpos fueron agrupados como el Complejo ofiolítico del Cauca.

Un conjunto de escamas de roca con vergencia oriental, correspondientes a dunitas, peridotitas y metagabros, con estructuras dúctiles de tendencia subhorizontal hacia sus límites, aflora en el sector alto del valle de Aburrá, 10 km al este de la falla San Jerónimo. Fue denominado Complejo ofiolítico Aburrá por Correa & Martens (2000).

Sobre la edad y modelo de emplazamiento de esta unidad litodémica existen varias hipótesis. Restrepo & Toussaint (1975) plantean un proceso de obducción sobre el Complejo Polimetamórfico de la cordillera Central alrededor de los 102 Ma de acuerdo con dataciones K/Ar de rocas asociadas a lo que ellos identificaron como la estructura de cabalgamiento. Recientemente, Restrepo (2006) a partir de información cartográfica detallada de la relación dunitas-anfibolitas y análisis químicos plantean un modelo donde el espesor de la secuencia que obdujo es mucho mayor, incluyendo las anfibolitas sobre las que reposan las dunitas; adicionalmente sostienen que la totalidad de dicha secuencia ha sufrido un proceso metamórfico regional, tratando entonces la dunita como un cuerpo metamórfico. Todo ello implica una edad más antigua para el origen y emplazamiento de estas secuencias ultrabásicas (Restrepo et al., 2003).

#### Cuerpos plutónicos

Varios cuerpos plutónicos distribuidos ubícuamente se presentan en el valle de Aburrá. En general presentan un amplio espectro composicional y son de edad cretácica. Durante este período de tiempo se presentó una abundante producción de corteza oceánica, representada por los materiales que constituyen la cordillera Occidental (Kerr et al., 1997). Es probable que la tasa de subducción fuese mayor que la presente, generando un ambiente apropiado para una abundante actividad magmática, como lo indican los cuerpos plutónicos localizados en inmediaciones del valle de Aburrá (Ordoñez & Pimentel, 2001).

La edad de estos cuerpos varía entre mediados del Cretácico temprano y mediados del Cretácico tardío (Maya, 1992; Aspden et al., 1987; Toussaint, 1996). El Batolito Antioqueño es el cuerpo más grande, y constituye casi la totalidad del valle de Aburrá al norte del municipio de Girardota (Botero, 1963); tiene varios cuerpos satelitales de idénticas composición y edad. El de mayor extensión se denomina Stock de Ovejas y constituye el flanco occidental del valle en inmediaciones del municipio de Bello. Otros más pequeños afloran en el sector centro oriental del valle, en la cuenca media y baja de la quebrada Santa Elena, denominados Stock de Las Estancias (Rendón, 1999) y Stock de Media Luna (Botero, 1963).

Otros dos cuerpos ígneos plutónicos existen dentro del valle de Aburrá. Uno, sobre el sector suroccidental, en inmediaciones de Medellín e Itaguí denominado Stock de Altavista, caracterizado por su mayor antigüedad y su amplio espectro composicional que incluye dioritas, gabros, granodioritas, además de facies hipoabisales como andesitas y pórfidos (Restrepo & Toussaint, 1984). Finalmente el Stock de San Diego, localizado sobre el sector centro oriental del valle, constituido por gabros y dioritas con un amplio espectro textural.

La relación intrusiva existente entre los cuerpos plutónicos descritos y el Complejo Polimetamórfico de la cordillera Central, el Complejo Quebradagrande y el Complejo Ofiolítico de Aburrá sugiere que los eventos magmáticos asociados son posteriores la acreción Cretácica temprana de corteza oceánica. Adicionalmente, la gran mayoría de estos cuerpos están fuertemente afectados por fallamiento norte-sur, indicando la ocurrencia de una actividad tectónica significativa después de su emplazamiento.

#### Depósitos no litificados

Una de las características fundamentales del valle de Aburrá es la presencia de extensos y espesos depósitos no litificados (que incluyen los depósitos aluviales, aluviotorrenciales, coluviales y los flujos de escombros y/o lodos), los cuales cubren casi la totalidad del fondo de valle y algunos sectores bajos y medios de las vertientes que lo enmarcan, llegando a representar más del 50% del área total del valle (Hermelin, 1983). Por sus características de espesor, altura, consolidación, pendiente, grado de incisión y madurez es conveniente tratarlos como unidades geológicas independientes y no como formaciones superficiales. Además, edades obtenidas en los depósitos de vertiente señalan algunos eventos de emplazamiento durante el Terciario tardío (Toro, 1999; Restrepo, 1991). Estos materiales tienen una relevancia fundamental para el entendimiento del origen y la evolución tectónica y sedimentaria del valle de Aburrá durante el período Plioceno-Cuaternario.

Los depósitos aluviales corresponden a los depósitos del fondo del valle generados por el río Medellín y algunos de sus afluentes en su normal transcurrir y evolución. Desarrollan terrenos de morfología bastante suave, prácticamente plana, dispuestos en una franja muy irregular y discontinua que sigue el cauce del río (Rendón, 1999). Dicha franja presenta su mayor amplitud en el sector central de la ciudad de Medellín, donde alcanza una amplitud de 7 km, reduciéndose abruptamente casi hasta desaparecer unos 3 km al norte. Otros sectores de amplitud considerable, alrededor de 2 km, se presentan hacia el norte del valle, en inmediaciones de Girardota y Barbosa, que han sido utilizados tradicionalmente como fuentes de material para la construcción (Hermelin, 1983). En cuanto al espesor y composición de estos depósitos se presenta un amplio espectro. Botero (1963), reporta una perforación en el sector del estadio Atanasio Girardot que alcanzó una profundidad de 175 m sin hallar el basamento, igualmente sondeos asociados a pozos de agua subterránea, especialmente en el sector industrial (sector suroccidental de Medellín) reportan profundidades de 205 m sin encontrar la roca (Palacio, 2000). Exploración geofísica sistemática ejecutada por Rendón (2003) muestra un basamento rocoso irregular que define la presencia de al menos tres cuencas cerradas, asociadas con rasgos tectónicos regionales, evidenciando un

inequívoco y fuerte componente tectónico en el origen y evolución del sector sur del valle de Aburrá (tramo Caldas-Copacabana). Adicionalmente, la composición de estos depósitos del fondo del valle está fuertemente influenciada por fenómenos de vertiente, y se desarrolla una secuencia interestratificada de materiales aluviales con flujos de lodos y/o escombros.

Varios depósitos de vertiente con forma de abanico y constituidos por flujos de escombros y/o lodos han sido identificados y cartografiados desde el sur del municipio de Copacabana (Botero, 1963; Shlemon, 1979; Restrepo et al., 1981; Integral S.A., 1982; Hermelin, 1983; Naranjo, 2001; Alvarez et al., 1984; Toro & Velásquez, 1984; Grupo Aburrá, 1984; Salinas & Hermelin, 1988). Sin embargo, la ausencia de edades absolutas y la combinación de diversas metodologías cartográficas generaron un complejo marco de hipótesis, incluso contradictorias, sobre el modelo evolutivo de las vertientes del valle.

Trabajos recientes en el sector de El Poblado, centro oriente del valle, basados en levantamientos estratigráficos detallados, cartografía geomorfológica y dataciones por huellas de fisión (Rendón et al., 2006) permitieron establecer un modelo cronoestratigráfico para el emplazamiento de los depósitos del vertiente en el vallé de Aburrá, en concordancia con los resultados obtenidos por Shlemon (1979) para el sector norte del valle de Aburrá, (inmediaciones de los municipios de Bello y Copacabana). Dicho modelo plantea que los depósitos de vertiente se distribuyen siguiendo una estructura escalonada o telescópica. La cartografía geomorfológica evidencia un mayor grado de incisión en la parte media-alta de las vertientes (donde se llegan a observar lomos y colinas constituidos por flujos de escombros y/o lodos) con sólo vestigios de las superficies de depositación originales. Hacia la parte inferior de la ladera la topografía se torna suave y con mayor continuidad lateral, correspondientes a los techos de los abanicos de depositación con excelente grado de conservación (Rendón, 2003). En el sector sur del valle de Aburrá se han identificado al menos cuatro series de eventos con edades entre 2,60 Ma, Plioceno temprano, y más antiguos de 0,04 Ma.

### Marco estructural

El actual patrón de distribución de las estructuras y sus estilos deformacionales son el producto de la reactivación de grandes zonas de falla, heredadas de fases tectónicas previas (Taboada et al., 2000); sin embargo, la correlación entre los principales rasgos estructurales y las macrounidades geomorfológicas constituye una herramienta valiosa para entender la evolución geológica del área metropolitana.

El basamento de esta parte de la cordillera Central es predominantemente cristalino y las estructuras preponderantes corresponden a fallas y zonas de cizalla. El valle de Aburrá y sus alrededores están influenciados al menos por tres sistemas de fallas y algunas estructuras aisladas o subordinadas. El de mejor expresión es el sistema Romeral, que constituye el límite entre cortezas oceánica y continental; cruzando toda la porción suroeste del valle (municipios de Caldas y La Estrella) con tendencia N 10-20° W, caracterizado por una compleja litología y evidencias de desplazamiento lateral izquierdo (Ego et al., 1995; Ortiz, 2002; Rendón, 2003); sin embargo, la variación de sus desplazamientos en el tiempo es en extremo compleja.

Hacia el sector noroeste del valle (municipios de Bello y San Pedro) se observan claros rasgos tectónicos, que en conjunto se denominan sistema Belmira. Como características fundamentales de dicho sistema están los marcados cambios en el rumbo de la trazas (Integral, 1982) y la formación de pequeños bloques corticales de forma lenticular.

Adicionalmente, hacia el oriente del área metropolitana (municipios de Guarne, Marinilla y Rionegro) se identifican varias estructuras con tendencia norte-sur y un grado moderado a bajo de expresión, denominadas sistemas Rodas-La Honda. Algunas de las trazas asociadas a este sistema cruzan el fondo del valle (en inmediaciones de Bello) hasta confundirse con el sistema Belmira al noreste.

Finalmente, dentro del valle de Aburrá se han identificado varias geoformas de origen tectónico (p.e. lomos deflectados, quebradas asimétricas y cambios de pendientes) además de fallas de extensión local, con pequeñas zonas de cizalla asociadas. La orientación, buzamientos y desplazamientos de estas estructuras presentan un amplio espectro (Grupo de Sismología de Medellín, 2002), aunque pueden interpretarse como rasgos conjugados con los sistemas regionales anteriormente descritos al menos tres sistemas de fallas y algunas estructuras aisladas o subordinadas. El de mejor expresión es el sistema Romeral, que constituye el límite entre cortezas oceánica y continental; cruzando toda la porción suroeste del valle (municipios de Caldas y La Estrella) con tendencia N 10-20° W, caracterizado por una compleja litología y evidencias de desplazamiento lateral izquierdo (Ego et al., 1995; Ortiz, 2002; Rendón, 2003); sin embargo, la variación de sus desplazamientos en el tiempo es en extremo compleja.

## Geomorfología

El valle de Aburrá hace parte de la unidad fisiográfica cordillera Central, que puede definirse como un bloque tectónico de carácter esencialmente ígneo-metamórfico limitado por grandes sistemas de fallas de dirección predominante norte-sur (Palestina al este y Cauca y Romeral al oeste). Además, este valle constituye una porción de la unidad de paisaje que podría denominarse norte de la cordillera Central, caracterizada por la presencia de extensas superficies de erosión (altiplanos) hacia el tope de la cordillera, limitados por escarpes regionales y cañones.

La unidad de paisaje a su vez puede dividirse en varias macro-unidades geomorfológicas, entendiendo esta unidad jerárquica como las porciones del paisaje que pueden sufrir modificaciones secundarias sin perder su identidad regional original (Arias, 1995). Un grupo de estas macrounidades es el conjunto de superficies de erosión, en las inmediaciones del valle de Aburrá. Estos rasgos, formados cerca al nivel del mar, se observan actualmente como remanentes de topografía prácticamente horizontal con alturas entre 1800 y 3300 metros sobre el nivel del mar-msnm como producto de fenómenos tectónicos y/o isostáticos. Las áreas de estos terrenos varían desde unos pocos kilómetros cuadrados, hasta definir regiones homogéneas con más de 800 km<sup>2</sup>. Estas superficies de erosión se distribuyen en la vertical definiendo diversos niveles cuya correlación regional es compleja, dado el fuerte efecto tectónico que presenta la región (Page & James, 1981; Hermelin, 1983; Arias, 1995).



Otro grupo de macro-unidades son los cañones que cortan los altiplanos mencionados y dentro de los cuales se destaca la cuenca del río Medellín-Porce (valle de Aburrá), que por su localización hacia el centro de las superficies de erosión, las separa en dos grandes bloques, uno al noroeste (municipios de San Pedro y Santa Rosa de Osos) y otro al este que constituiría el Oriente antioqueño. Sin embargo, esta cuenca está constituida a su vez por dos macrounidades independientes, una correspondiente a la porción localizada aguas abajo de la población de Copacabana, denominada cañón del río Porce (Rendón, 2003), que corresponde a un llamativo rasgo fisiográfico que corta las superficies de erosión formando un estrecho valle en V (Woodward-Clyde Consultants, 1986) con unos 10 a 13 km de ancho y con una profundidad de 0,9 a 1,3 km. Tanto el fondo de este cañón como sus aristas superiores tiene una disposición constante N50°E por más de 30 km. El patrón de drenaje de todo el cañón es de paralelo a subparalelo a pesar de las diferencias litológicas, con cuencas pequeñas que siguen la tendencia de las laderas hasta desembocar al río Medellín de manera casi perpendicular. Ocasionalmente se presentan lugares con tendencias anómalas, asociados con claros rasgos tectónicos (Álvarez et al., 1984).

Localmente y de forma discontinua se presentan áreas suaves hacia el fondo del cañón, en general con menos de 3 km de ancho y que coinciden con los tramos del río con trazado meándrico. Adicionalmente se observan, también hacia el fondo del cañón, depósitos de vertiente que suavizan porciones de las vertientes, sobre las cuales se asentaron las localidades de Copacabana, Girardota y Barbosa (Shlemon, 1979).

La otra macrounidad geomorfológica corresponde a la porción de la cuenca del río Medellín-Porce localizada aguas arriba de Copacabana, denominada valle de Aburrá Superior (Rendón, 2003). En general, esta parte de la cuenca tiene forma rómbica, elongada en dirección norte-sur, con 45 km de longitud en su eje mayor y 22 km de ancho. La diferencia de altura entre las superficies de erosión circundantes y el fondo del valle es de 1,2 km aproximadamente. Sin embargo, esta profundidad podría exceder 1,5 km si los sedimentos no litificados fueran retirados del fondo del valle.

El patrón de drenaje en esta porción del valle está caracterizado por varias grandes cuencas tales como las asociadas a las quebradas La Miel, Doña María, La Iguañá y El Hato; las cuales transcurren con dirección contraria al río Medellín en sus sectores superiores (Palacio, 2000). También son frecuentes las cuencas pequeñas, que definen sectores del valle con patrones dendríticos de drenaje. Adicionalmente, en la zona suroccidental del valle, el drenaje exhibe patrones paralelos, subparalelos y en enrejado, evidenciando un fuerte control tectónico (Ortiz, 2002).

El flanco oriental y la zona norte del valle de Aburrá superior están caracterizadas por un escarpe regional que ocupa la parte superior de la vertiente, y genera un ángulo agudo con los remanentes de superficies de erosión circundantes (Rendón, 1999; Grupo de Sisimología de Medellín, 2002). Dicho escarpe presenta rasgos morfológicos que permiten asociar su origen con algunos rasgos tectónicos cartografiados en el valle. En este mismo sentido, es importante mencionar que las vertientes de esta parte del valle presentan marcados cambios de

gradiente, definiendo una serie de peldaños con dirección general norte-sur; indicativos de una dinámica de bloques tectónicos dentro del valle.

Basados en criterios como: posición en la ladera, forma de los topes de filos y colinas, forma e inclinación de las vertientes y grado de incisión del drenaje el Grupo de Simología de Medellín (2002) se diferenciaron siete tipos de unidades geomorfológicas a lo largo del valle: Escarpa Principal, Escarpes Secundarios, Peldaños, Sistema de Filos (altos, medios y bajos), Cerros y/o colinas aisladas, Superficies suaves en depósitos de vertiente y Planicies aluviales (Caballero y Mejía, 1988). Este marco geomorfológico sustenta un modelo de evolución para el valle caracterizado por la sobreimposición de un fuerte proceso erosivo sobre un paisaje controlado tectónicamente.

### Amenazas naturales y eventos destructivos

Las principales amenazas naturales identificadas en Medellín y en el área metropolitana son causadas por deslizamientos, caída de rocas, avenidas torrenciales, inundaciones, sismos e incendios (figura 4).

A continuación se relatan algunos eventos de magnitud importante. Es preocupante la posibilidad de que ocurran desastres mayores debidos al aumento del riesgo inducido por el acelerado crecimiento urbanístico desordenado.

- La creciente de la quebrada La Iguaná, 23 de abril de 1880: cuando Medellín era apenas un villorrio, una creciente torrencial de la quebrada La Iguana destruyó el poblado de Aná, localizado en el sector de Otrabanda (margen izquierda del río Medellín), cerca del actual estadio de fútbol. Este evento fue de gran intensidad para la cuenca que ha tenido un historial de crecientes y desastres (Bustamante, 1988). Significó la fundación del barrio Robledo por parte de las familias damnificadas.
- El deslizamiento del 12 de julio de 1954 en Media Luna (km 3 vía a Santa Elena): en las horas de la mañana de este día, los noticieros radiales informaron de la ocurrencia de un gran deslizamiento en la vía, el cual había arrasado con una vivienda ubicada en la parte alta y sus siete habitantes. Esta información se extendió por toda la ciudad y fueron muchos los curiosos que se desplazaron hasta el lugar a observar las labores de rescate. A las 6:40 pm, ocurrió un segundo movimiento de magnitud mayor que sepultó a muchos de los socorristas, bomberos y curiosos que se encontraban allí. Las labores de búsqueda y rescate se extendieron hasta el 20 de julio, con un saldo de unas 150 víctimas y se declaró el lugar como campo santo (El Colombiano, 12 de julio de 2004). Como causas del evento se planteó que fueron las filtraciones de una acequia sin revestimiento ubicada arriba de la parte afectada; se evaluó que el volumen total de material desplazado fue de unos 200 000 m<sup>3</sup> (Bustamante, 1990).
- El deslizamiento del 29 de septiembre de 1974 en Santo Domingo Savio: en la margen izquierda de la quebrada La Sucia, se produjo un deslizamiento de unos 3500 m<sup>3</sup> que afectó parte de este barrio. Fue un movimiento en masa que arrastró cerca de 80 ranchos y sepultó sus mora-

dores. La cifra de pérdidas humanas se estimó en más de 100 (Bustamante, 1988). Al parecer, fugas en un tanque comunal causaron este evento. El lugar fue declarado campo santo pero años más tarde fue repoblado (El Colombiano, 12 de julio de 2004).

- El deslizamiento del 27 de septiembre de 1987 en Villatina, Medellín: fue repentino y de alta velocidad, movilizó 20 000 m<sup>3</sup> de material; ocasionó la muerte de unas 500 personas, destruyó aproximadamente 100 viviendas y dejó unos 1700 damnificados (Bustamante, 1990). El evento ocurrió en la ladera nororiental del cerro Pan de Azúcar, específicamente en el barrio Villatina parte alta (sector centro-oriental de la ciudad) y afectó un área de 12 ha (Bustamante, 1988). Entre los factores detonantes de este deslizamiento en el cerro Pan de Azúcar están el alto fracturamiento de la roca, suelos y material poco consolidados, las altas pendientes, la alta precipitación de la época en la que ocurrió y algunos factores antrópicos como la infiltración de aguas mal canalizadas. Este desastre ha sido catalogado como el peor ocurrido en la ciudad, no sólo por las pérdidas de vidas y económicas sino porque generó un problema socio-económico asociado al desplazamiento y reubicación de los afectados (García, 2005).
- El evento torrencial en la quebrada Ayurá (Envigado) el 14 de abril de 1988: después de un fuerte aguacero de aproximadamente 45 minutos, se produjo el desbordamiento de la quebrada que causó la destrucción de 10 viviendas y dejó un total de 31 familias damnificadas y varios puentes averiados. La creciente ocasionó la socavación de los cauces de la quebrada principal y de varios de sus afluentes y algunos deslizamientos, en su mayoría en la cabecera de la cuenca. Un aguacero torrencial fue la causa principal del fenómeno, asociado con las altas pendientes y las acciones antrópicas tales como la tala de árboles y la construcción de un carretable (Caballero y Mejía, 1988).
- El evento del 29 y 30 de mayo de 2000 en La Estrella y Sabaneta (Antioquia): un aguacero con precipitación de unos 62 mm (registrada en un pluviómetro cercano), que se prolongó durante 7 horas en sectores de estos municipios (localizado en el extremo sur-occidental del valle de Aburrá), desencadenó 264 movimientos de masa y una avenida torrencial en un área de 4 km<sup>2</sup>. Dicho evento causó la muerte de una persona, la desaparición de otra, y dejó 58 viviendas afectadas y 190 familias damnificadas, la destrucción de cultivos y cuantiosas pérdidas económicas asociadas al bloqueo de las vías, el desplazamiento de familias y la suspensión de los servicios básicos. Las principales causas asociadas a la generación de los numerosos deslizamientos fueron la pendiente y los rellenos artificiales (Cadavid y Hermelin, 2005).
- La avenida torrencial del 6 de octubre de 2005 en la quebrada El Barro (municipio de Bello): en la parte alta de la quebrada El Barro, afluente de la quebrada La García, se originó una avenida torrencial conformada por materiales heterogéneos. Bloques de roca que alcanzaron 3 m de diámetro mezclados con gran cantidad de arena y agua, conformaron un material

altamente viscoso de gran poder destructivo que se desplazó siguiendo el cauce de las quebradas, causó la destrucción de 12 viviendas y dejó un saldo de 18 muertos y 40 desaparecidos. Las causas fueron las altas precipitaciones, las cuales reactivaron un deslizamiento ocurrido 9 meses atrás cerca del nacimiento de la quebrada. Este proceso generó el desplazamiento de un volumen considerable de material rocoso, transportado a grandes velocidades por la forma estrecha del cauce de la quebrada El Barro y causó su represamiento (Área Metropolitana, 2005).

## Aspectos socio económicos

### Población

Según datos recientes, la población de Medellín es de 2 071 392 habitantes para un total de 590 026 viviendas, lo que representa el 64% de la población del valle de Aburrá. La densidad para el área urbana de Medellín es de 18 511 habitantes por km<sup>2</sup> (Municipio de Medellín, 2006).

El valle de Aburrá sólo ocupa el 1.8% de la superficie del departamento de Antioquia, pero sus 3 213 000 habitantes representan más del 60% de la población total del mismo (CGM, 2005). La población de las áreas urbanas del valle de Aburrá aumentó en 9% entre 2001 y 2004.

### Industria

La industrialización de Antioquia se inició en el valle de Aburrá a principios del siglo xx con las fábricas de tejidos. Su crecimiento, a pesar de las dificultades para transportar materias primas y productos, se vio favorecido por la disponibilidad de energía eléctrica y por la existencia de un grupo de empresarios emprendedores que hicieron de Medellín la ciudad industrial de Colombia. Su economía estaba orientada inicialmente a la producción de bienes de consumo (textiles, alimentos, bebidas, tabaco, aparatos electrodomésticos) pero se ha diversificado, primero con el incentivo de las políticas gubernamentales de sustitución de importaciones, y últimamente con una vocación netamente exportadora dinamizada por la apertura económica iniciada en la década de los 90. En la seccional de la Andi en Medellín funciona el Comité Ambiental que agrupa representantes de los industriales con entidades del gobierno y de las universidades con el propósito de discutir medidas que permitan manejar adecuadamente los problemas que surgen alrededor del desarrollo sostenible.

### Vías de comunicación

El aislamiento geográfico es un factor negativo para el desarrollo económico del valle de Aburrá, se han hecho esfuerzos para superarlo por medio de la construcción de vías. Durante el siglo pasado Medellín llegó a estar unido al Magdalena y al puerto de Buenaventura por medio del ferrocarril. Este servicio se interrumpió desde hace varias décadas. Las vías de comunicación por carretera tradicionales son: la carretera Medellín-Bogotá, la carretera a la costa (su trazado será cambiado próximamente a una vía a lo largo del río Porce), la vía al sur (pasa por el alto de Minas con variante por Amagá y Bolombolo), la vía a Urabá (agilizada con la apertura del túnel de Occidente). Las otras vías a localidades menores reflejan el centralismo departamental: todas convergen hacia el valle de Aburrá.

Finalmente Medellín cuenta con dos aeropuertos: el internacional José María Córdova, ubicado en el municipio de Rionegro a unos 40 km al oriente de la ciudad, y el Olaya Herrera, localizado en el casco urbano de la ciudad, que atiende gran número de vuelos regionales.

#### Educación

Además de tener cubiertas sus demandas en enseñanza primaria y media, Medellín cuenta con una buena oferta universitaria representada por universidades reconocidas por su calidad académica y por ofrecer programas que van hasta el doctorado como la Universidad de Antioquia, la sede de la Universidad Nacional, la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad EAFIT.

#### Aspectos ambientales

##### Abastecimiento de agua

La población del valle de Aburrá necesita 188,4 Mm<sup>3</sup> de agua por año, cantidad de la cual Medellín consume un 69.6%. El 100% de los habitantes de Medellín disponen de agua potable o pueden acceder fácilmente a ella (CGM, 2005).

El agua consumida por las zonas urbanas proviene casi en su totalidad de cuencas externas a la del río Medellín. Según datos de Empresas Públicas de Medellín, el 100% de los habitantes está conectado a la red de alcantarillado (CGM, 2005).

##### Extracción de materiales de construcción

Según el Departamento Administrativo de Planeación (1999), el porcentaje de canteras ilegales era de 97.19%, pero desde el 2002 desaparecieron completamente. El número de canteras activas en el perímetro pasó de 15 a 2 entre 1999 y 2002, y se ha mantenido. La superficie ocupada por esas explotaciones pasó de 2556,00 a 419,85 ha en el mismo período (CGM, 2005).

La explotación de canteras en el valle de Aburrá ha generado en algunos sitios procesos de deterioro del paisaje. La extracción de material aluvial genera efectos en la dinámica fluvial y las industrias ladrilleras, por su localización, extracción, movimiento de materiales y procesos industriales, también produce fenómenos erosivos.

Los lugares donde tradicionalmente se ha explotado material son: la quebrada La Miel (Caldas), Itagüí, Belén Altavista, Belén Aguas Frías, San Javier, San Cristóbal y las cuencas de las quebradas El Hato y La García (Bello) se extrae materia prima para ladrillo y arenilla. En la quebrada San Francisco (afluente de la quebrada La Iguaná) y en la llanura aluvial del río Medellín entre Bello, Girardota y Copacabana se extrae material de playa, y en la quebrada La Madera, autopista Medellín- Bogotá y en la vertiente sur del valle de Aburrá, entre Bello y Copacabana, se explota para material de relleno.

##### Zonas de alto riesgo

Gran parte de las laderas que configuran el territorio de Medellín presentan serias restricciones y condicionantes para su ocupación debido a factores

como las características geotécnicas de los suelos, los procesos erosivos, remoción en masa, al inadecuado manejo e intervención de los suelos y a otros factores asociados a las condiciones geomorfológicas e hidrológicas del valle de Aburrá.

El conocimiento de la vulnerabilidad real de los distintos sectores de la ciudad ante los fenómenos de origen natural y antrópico, así como el inventario de las viviendas y la población que vive en las zonas de alto riesgo no recuperables ha mejorado, pero es preciso pero es de conocimiento general que cada día son mayores los asentamientos de este tipo.

#### Zonas de expansión futura

En los últimos años el crecimiento demográfico, ocasionado entre otros factores por el alto número de personas desplazadas de las zonas rurales por la violencia, ha causado la invasión de zonas clasificadas como de alto riesgo, tales como algunos sectores de la vertiente nororiental, lo cual incrementa el grado de amenazas naturales y hace mayor la población vulnerable ante éstas.

En la periferia hay “otra” ciudad que se construye día a día. Allí, las familias, con grandes esfuerzos y un elevado costo económico y social, han levantado de manera individual o colectiva, un enorme número de barrios que han brindado alternativas al alto déficit habitacional, que no ha cubierto ni el Estado ni la empresa privada (Carvajalino, 1994).

El acelerado crecimiento de la ciudad, combinado con la dinámica urbana irracional consumidora de territorio en las últimas cinco décadas, son aspectos que sumados a la carencia de verdaderos y funcionales programas de planeamiento municipal, se erigen como causales principales de la expansión caótica y de la compleja problemática ambiental característica de Medellín (Valencia & Zuluaga, 2000) (figura 4).

#### Contaminación

Aire: el sistema Redaire, con el apoyo de Área Metropolitana, opera siete estaciones en diversos lugares de la ciudad de Medellín con el fin de monitorear la calidad del aire. Los resultados obtenidos son satisfactorios en el sentido de que el índice de calidad ambiental presenta valores para concentraciones de material particulado calificados en el rango de “aceptables” a “buenos” desde el 2001 hasta el 2004; sin embargo, en tres estaciones se observó que los valores de material particulado respirable exceden la norma (CGM, 2005).

Adicionalmente, los procesos de urbanización, construcción de obras públicas, actividades extractivas y fabricación de elementos para la construcción, son responsables del aporte de material particulado en general (polvo, cenizas, hollín) humos de combustión, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono (CO), gases y vapores orgánicos, hidrocarburos, solventes volátiles y muchos otros desechos y subproductos derivados de los procesos tecnológicos.

Por otra parte, los altos niveles de ruido constituyen otro factor crítico ambiental que influye negativamente en la salud y comportamiento de la población. La ciudad de Medellín es particularmente ruidosa, y es el tráfico

automotor en los principales ejes viales la principal fuente generadora de este contaminante. Los niveles de ruido en la zona central sobrepasan los límites permisibles, como también en las zonas industriales.

Agua: Las condiciones actuales de calidad del agua del río Medellín van desde muy limpias en el alto de San Miguel, hasta un alto nivel de contaminación en el trayecto que atraviesa el área urbana de la ciudad, donde el estado de sus 691 quebradas se torna crítico, debido al deterioro, sedimentación y carga contaminante que experimentan (Municipio de Medellín, 2006).

Con respecto al recurso agua, es de destacar la invasión de los retiros de las quebradas por construcciones, los procesos erosivos que conducen sedimentos a los cauces, la deforestación y la desprotección de las partes altas de las cuencas, la utilización de agroquímicos, los vertimientos de aguas residuales y la disposición de escombros y basuras, en un conflicto de intereses que afecta la calidad ambiental de los habitantes.

En cuanto a las aguas residuales, el plan de saneamiento del río Medellín ha permitido que para las quebradas afluentes se pasara de valores que calificaban la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y el oxígeno disuelto con un 10% “bueno” en 1994 a un 52% “bueno” para 2004, resultado de la gestión que adelantan las Empresas Públicas de Medellín. La planta de San Fernando, localizada en los límites entre Medellín e Itagüí, trata las aguas residuales y ha ayudado a mejorar sustancialmente la calidad del agua del río.

#### Residuos sólidos

Según las Empresas Varias de Medellín, ente encargado de la recolección y disposición final de los residuos sólidos de la ciudad, la capacidad disponible del relleno La Pradera (localizado en los límites de Barbosa y Don Matías), es de 10 328 977 toneladas. Allí llegan 1783 toneladas/día, que se compactan a una densidad de 1 tonelada/ m<sup>3</sup>. CGM (2005) señala que la disposición de residuos sólidos per capita pasó de 0,29 kg/ hab /día en 1994 a 0,51 kg / hab / día en 2005. El cubrimiento de la recolección es estimado para el 2004 en un 97.4%, ya que la carencia de vías de penetración y la topografía escarpada de algunos sectores de la ciudad no han permitido una cobertura total. Gran cantidad de basura aún es arrojada a los lechos de las quebradas y zonas verdes principalmente, lo cual genera problemas de deslizamientos e inundaciones en épocas de invierno.

Por otra parte las Empresas Varias estiman que se generan 5500 toneladas día de escombros en Medellín. La generación anual de residuos sólidos alcanzó 469 583 toneladas en el año 2004, de los cuales se reciclaron o reutilizaron el 19,2% (CGM, 2005).

#### Microzonificación sísmica

Se cuenta con dos estudios de microzonificación sísmica, uno para el área urbana de Medellín y otro para el resto de los municipios del valle de Aburrá (con énfasis en dos municipios piloto, Bello e Itagüí). En estos trabajos se determinaron y evaluaron las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas de los terrenos que conforman los municipios de Medellín y del

área metropolitana (incluyendo Envigado) y se identificó y evaluó el nivel de riesgo natural al cual están expuestos.

## Aspectos reglamentarios e institucionales

### Área Metropolitana

Esta entidad, creada en 1980 y reglamentada por las Leyes 128 de 1994 y 99 de 1993, es la encargada de coordinar los procesos de planeación y gestión del desarrollo integral de la región; ejerce funciones de autoridad ambiental urbana y ejecuta proyectos estratégicos de carácter regional.

El Área Metropolitana tiene como finalidad el mejoramiento de las condiciones socioculturales de la población, del hábitat, y la definición de las bases para un desarrollo sostenible y de la planificación de toda la región del valle de Aburrá.

### Plan de Ordenamiento Territorial

Todos los municipios pertenecientes al valle de Aburrá cuentan con un Plan de Ordenamiento Territorial, que debería mostrar las directrices adecuadas para manejar los diferentes aspectos de cada municipio, pues, en muchos de ellos se han encontrado deficiencias. En general, los principales problemas que presentan estos documentos son: análisis insuficiente de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos presentes en el área; poca información sobre eventos catastróficos históricos, cartografía desactualizada o de difícil interpretación, falta de unificación de parámetros en las bases de datos cartográficas (escalas, coordenadas). En conclusión, son poco útiles en la planeación, prevención y mitigación de los desastres.

El de Medellín, el más elaborado, contiene entre otros (Acuerdo 62 de 1999):

- la clasificación de los suelos del municipio en función de su vocación,
- la delimitación de los espacios públicos,
- la jerarquización vial,
- la delimitación de las áreas de protección y áreas paisajísticas y recreativas,
- suelos urbanos y de expansión,
- usos del suelo rural,
- uso del suelo urbano.

### Oficina de Prevención y Atención de Desastres

El área metropolitana cuenta con dos entidades a cargo de la atención y prevención de desastres: el Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres–SIMPAD, encargado del área correspondiente al municipio de Medellín y el Departamento de Prevención y Atención de Riesgos y Desastres–DAPARD comisionado para el resto de los municipios del departamento.

El SIMPAD está adscrito a la Secretaría del Medio Ambiente y tiene como objetivo: “Regir y coordinar las políticas y acciones requeridas para la prevención de desastres y la atención y recuperación en casos de emergencia y desastre, favoreciendo el desarrollo de la actitud preventiva en la comunidad de Medellín mediante procesos educativos, de planificación y organización

de acuerdo con los planes de desarrollo para la ciudad” (Alcaldía de Medellín, 2001). Como proyecto especial, esta entidad se encuentra desarrollando en todo el municipio el fortalecimiento de la organización comunitaria para la prevención y atención de emergencias, conformando estratégicamente comités barriales, interbarriales, corregimentales y veredales.

El DAPARD tiene como misión: “Liderar en el Departamento de Antioquia, el diseño de políticas y el desarrollo de planes y proyectos, en torno a la responsabilidad ambiental y la prevención, atención y recuperación de desastres, que garanticen el mejoramiento de las condiciones de vida y que permitan crear una cultura de la prevención que conduzca a un desarrollo humano sostenible para la comunidad antioqueña”. La labor del DAPARD va dirigida a la coordinación, prestación de asesorías y apoyo a los 125 municipios del Departamento de Antioquia a través de los Comités Locales de Emergencia -CLE- y Comités Municipales (Gobernación de Antioquia, 2004).

## Conclusiones y recomendaciones

El grado de conocimiento y del entorno natural en el valle de Aburrá aún está lejos de alcanzar los niveles necesarios para un manejo adecuado –léase sostenible en términos modernos– de sus recursos y amenazas naturales. La heterogeneidad de los esfuerzos realizados se puede apreciar en los POT de los municipios y en el grado de detalle de la cartografía disponible.

El valle de Aburrá posee unidad geográfica y debe ser manejado como tal. El hecho de que existen en este momento tres entidades ambientales a quienes corresponden funciones parciales para el territorio no es lo más conveniente, pese a lo convenios firmados. Se espera que la iniciativa de los Lineamientos Territoriales de Antioquia, que reagrupa el municipio de Medellín, el área metropolitana y el departamento de Antioquia permita solucionar esta situación.

En cuanto a la necesidad de generar o de actualizar conocimientos, se pueden mencionar los siguientes tópicos, que seguramente no son exhaustivos:

- Aguas subterráneas, inventario y monitoreo, incluyendo presencia de aguas salinas.
- Determinación de la tipografía del fondo del valle debajo del relleno sedimentario.
- Instalación y monitoreo de redes meteorológicas e hidrológicas suficientemente densas.
- Inventario actualizado de vulnerabilidad, amenazas y riesgos de origen natural.
- Monitoreo anual por medio de imágenes satelitales de los cambios de uso del suelo en la zona urbana, periurbana y rural.
- Publicación de los resultados de las zonificaciones sísmicas.
- Cartografía geológica y geomorfológica detallada de la totalidad del valle.

## Bibliografía

ALCALDÍA DE MEDELLÍN (2001). Disponible en: [http://www.crid.or.cr/crid/CD\\_EIRD\\_Informa/esp/revista/No1\\_2001/pagina31.htm](http://www.crid.or.cr/crid/CD_EIRD_Informa/esp/revista/No1_2001/pagina31.htm) Consulta: 11 de febrero de 2006

- ÁLVAREZ, C.H., TRUJILLO, R., HERMELIN, M. (1984). "Aspectos geomorfológicos y estructurales del valle norte de Aburrá". Memoria 1<sup>st</sup> conf. Riesgos geológicos en el valle de Aburrá 1, 1-12.
- ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (2005). "Informe técnico avenida torrencial quebrada El Barro, Municipio de Bello"
- \_\_\_\_\_ (2006) <http://www.metropol.gov.co/corporativo.php?only=191> Consulta: 17 de febrero de 2006
- ARIAS, L.A. (1995). "El relieve de la zona central de Antioquia: un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos". En: *Revista Facultad de Ingeniería*, Universidad de Antioquia. 10, 9-24.
- ARIAS, A., (1999). "Un contexto de complejidad para la evolución del relieve". En: *Revista Facultad de Ingeniería*, Universidad de Antioquia University. 12, 24-35.
- ASPDEN, J.W., MCCOURT W., BROOK, M. (1987). "Geometrical Control of Subduction-Related Magmatism: the Mesozoic and Cenozoic Plutonic History of Western". En: *Colombia. Journal of the Geological Society* 144, 893-905.
- BOTERO, G. (1963). "Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia". En: *Anales Facultad de Minas*. 57, 1-101.
- BUSTAMANTE, M. (1988). "Los desastres en Medellín, ¿naturales?". En: Memorias 2<sup>a</sup> Conferencia de Riesgos Geológicos del valle de Aburrá. Medellín, 14 p.
- \_\_\_\_\_ (1990). "Las dunitas de Medellín y los deslizamientos de Media Luna (1954), Santo Domingo Savio (1974) y Villatina (1987)". En: *AGID Report N° 13: Environmental Geology Natural Hazards of the Andean Region*. Memorias.
- CABALLERO, H. Y MEJÍA, I. (1988). "Algunos comentarios acerca del evento torrencial de la quebrada Ayurá (Envigado) del 14-04-88 y sus implicaciones en la evaluación de la amenaza al Municipio". En: Memorias 2<sup>a</sup> Conferencia de Riesgos Geológicos del valle de Aburrá. Medellín, 19 p.
- CADAVID, M. F. Y HERMELIN, M. (2005). "El evento del 29 y 30 de mayo de 2000 en La Estrella y Sabaneta (Antioquia)". En: *Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004*. Medellín, Fondo Editorial Eafit, p. 187-198.
- CARVAJALINO, H. (1994). "Una mirada a la periferia, ¿cómo mejorar lo construido?" En: *Revista Practica Barrial* 14 (1994). En: Serie Ciudad y Habitat - No 2. 1996. Disponible en: [www.barriotaller.org.co](http://www.barriotaller.org.co)
- Contraloría General de Medellín- CGM (2005). "Estado de los recursos naturales y del medio ambiente Medellín 2004". Medellín, 360 p.
- CORREA, A., MARTENS, U. (2000). *Caracterización geológica de las anfibolitas de los alrededores de Medellín*. Trabajo dirigido de grado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 1-250.
- EGO F., SEBRIER M. AND YEPES H. (1995). "Is the Cauca-Patia and Romeral Fault System Left or Right Lateral?" En: *Geophysical Research Letters* 22, 33-36.
- EGO F., EGUES A., SEBRIER M., LAVENU A., YEPES H. (1996). "Quaternary State of Stress in the Northern Andes and the Restraining Bend Model for the Ecuadorian Andes". En: *Tectonophysics* 259, 101-116.
- MÓNROY, J.C. (2004). "Media Luna, 50 años de una dolorosa tragedia". En: *Periódico El Colombiano*. Edición del 11 de julio de 2004.
- FENINGER, T., BARRERO, D., CASTRO, N. (1972). "Geología de Antioquia y Caldas (Subzona IIB)". En: *Boletín Geológico Ingeominas* 20 (2), 1-173.

- GARCÍA, C. (2005). "El deslizamiento de Villatina". En: *Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004*. Medellín, Fondo Editorial Eafit, 55-64 p.
- GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA (2004). Disponible en: [http://www.gobant.gov.co/organismos/dedesastres/mision\\_vision\\_desas.htm](http://www.gobant.gov.co/organismos/dedesastres/mision_vision_desas.htm) Consulta: 11 de febrero de 2006.
- GOSELMANN, C. A. (1826). *Viaje por Colombia, 1825 y 1826*. Traducción de A. Christian Pereira. Banco de la República, Bogotá (1981).
- GRUPO ABURRÁ (1984). "Origen del valle de Aburrá". En: Memoria 1<sup>st</sup> conf. sobre riesgos geológicos en el valle de Aburrá 1, 1-20.
- GRUPO DE SISMOLOGÍA DE MEDELLÍN (2002). "Microzonificación sísmica de los municipios del valle de Aburrá y definición de zonas de riesgo por movimientos en masa e inundaciones". Informe Interno. 3.1-3.74.
- HERMELIN, M. (1983). "Origen del valle de Aburrá. Evolución de las ideas". En: *Boletín Ciencias de la Tierra*. (7-8), 47-65.
- INTEGRAL S.A. (1982). "Aprovechamiento múltiple del río Grande. Estudio geológico y evaluación preliminar del riesgo sísmico". Informe interno. 1-86.
- KERR, A.C., MARRINER, G.F., TARNEY, J., NIVIA, A., SAUNDERS, A.D., THIRLWALL, M.F., SINTON, C. (1997). "Elemental and Isotopic Constrains on the Petrogenesis and Original Tectonic Setting of Cretaceous Basaltic Terranes in Western Colombia". En: *Journal of Petrology* 38, 667-702.
- MAYA, M., GONZÁLEZ, H. (1995). "Unidades litodémicas en la cordillera Central de Colombia". En: *Boletín Geológico Ingeominas* 35 (2-3), 43-57
- MAYA, M. (1992). "Catálogo de dataciones isotópicas en Colombia". En: *Boletín Geológico de Ingeominas* 32 (1-3), 127-187.
- MUNICIPIO DE MEDELLÍN (2006). Disponible en [www.medellin.gov.co](http://www.medellin.gov.co). Consulta: 17 de febrero de 2006.
- NARANJO, J., 2001. "Aproximación al estado del conociendo de las formaciones superficiales y origen del valle de Aburrá". Memoria 8vo Congreso Colombiano de Geología 1, 1-16.
- NIVIA, A., MARRINER, G., KERR, A. (1996). "El complejo Quebradagrande, una posible cuenca marginal intracratónica del Cretáceo Inferior en la cordillera Central de los Andes Colombianos". Memoria 7<sup>mo</sup> Congreso Colombiano de Geología 1, 108-123.
- ORDÓÑEZ, O., PIMENTEL, M., (2001). "Consideraciones geocronológicas e isotópicas del Batolito Antioqueño". En: *Revista Academia Colombiana de Ciencias* 25 (94), p. 27-35.
- ORTIZ, E.A. (2002). *Evaluation of Neotectonic Activity of the Cauca-Romeral Fault System near western Medellín, Colombia*. Tesis de Maestría, Universidad de Shimane. Japón. 113p.
- PAGE, W.D., JAMES, M.E. (1981). "The Antiquity of the Erosion Surfaces and Late Cenozoic Deposits Near Medellín, Colombia: Implication to Tectonic And Erosion Rates". En: *Revista CIAF*. 6 (1-3), 421-454
- PALACIO, P.A. (2000). *Evaluación hidrogeológica en un sector de la zona industrial sur-occidental del valle de Aburrá*. Trabajo dirigido de grado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 105 p..
- PARDO, A., MORENO, M. (2001). "Estratigrafía del occidente colombiano y su relación con la evolución de la provincia ígnea cretácica del Caribe colombiano". En: Memoria 8<sup>vo</sup> Congreso Colombiano de Geología 1, 1-19.
- PÉREZ, C. (1993). "Los ecosistemas del valle de Aburrá pasado, presente y futuro". En: *Memorias Seminario: Una mirada al valle de Aburrá*. Edit , p.65-85 .

- PÉREZ, C. (1996). "El paisaje del valle de Aburrá y su alteración por la acción humana". En: *Historia de Medellín*, volumen I, J. O. Melo, Medellín, Suramericana de Seguros, p. 17-46
- RENDÓN, D.A.; TORO, G., HERMELIN, M. (2006). "Modelo cronoestratigráfico para el emplazamiento de los depósitos de vertiente en el valle de Aburrá". En: *Boletín Ciencias de la Tierra*. (7-8), p.47-65
- RENDÓN, D.A. (1999). *Cartografía y caracterización de las unidades geológicas de la zona urbana de Medellín*. Trabajo dirigido de grado, Universidad Nacional, Medellín. 1-250.
- \_\_\_\_\_ (2003). *Tectonic and Sedimentary Evolution of the Upper Aburrá Valley, Northern Colombian Andes*. Tesis de Maestría, Universidad de Shimane. Japón. 135 p..
- RESTREPO, J.J. (1991). "Datación de algunas cenizas volcánicas de Antioquia por el método de trazas de fisión". En: *AGID Report* 16, p.148-157.
- \_\_\_\_\_ (2003). "Edad de generación y emplazamiento de ofiolitas en la Cordillera Central: un replanteamiento". Resúmenes, 9<sup>no</sup> Congreso Colombiano de Geología.
- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F. (1975). *Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia*. Publicación especial Geología Universidad Nacional de Colombia, Medellín 6, p. 1-24.
- \_\_\_\_\_ (1982). "Metamorfismos superpuestos en la cordillera Central de Colombia". Memoria 5<sup>to</sup> Congreso Latinoamericano de geología, Argentina, p. 505-512.
- \_\_\_\_\_ (1984). "Unidades litológicas de los alrededores de Medellín". Memoria 1<sup>a</sup> conferencia sobre riesgos geológicos en el valle de Aburrá. 1, p. p.1-25
- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F., GONZÁLEZ, H. (1981). "Edades Mio-Pliocenas del magmatismo asociado a la Formación Combia, departamentos de Antioquia y Caldas, Colombia". En: *Geología Norandina* 3, 21-26.
- SALINAS C., HERMELIN, M. (1988). "Cartografía e interpretación de las formaciones superficiales en el valle de Aburrá". En: Memoria 2<sup>do</sup> conf. Sobre riesgos geológicos en el valle de Aburrá 1, p. 1-14
- SHLEMON, R. (1979). "Zonas de deslizamientos en los alrededores de Medellín, Antioquia (Colombia)". En: *Boletín Geológico Ingeominas, Boletín Especial* 5,45p..
- TABOADA, A., RIVERA, L., FUENZALIDA, A., CISTERNAS, A., PHILIP, H., BIJWAARD, H., OLAYA, J., RIVERA, C. (2000). *Geodynamics of the Northern Andes: Subduction and Intra-Continental Deformation (Colombia)*. *Tectonics* 19 (5), p. 787-813.
- TORO, G., VELÁSQUEZ, A. (1984). *Estudio geomorfológico y estructural del valle de Aburrá comprendido entre el Municipio de Caldas y las Quebradas La Iguana y Santa Elena*. Trabajo dirigido de grado, Universidad Nacional, Medellín. 250 p.
- TORO, G. (1999). *Téphrocronologie de la Colombie Centrale (Département d'Antioquia et Abanico de Pereira)*. Tesis de Doctorados, Universidad Joseph Fourier, Grenoble-Francia. 250 p.
- TOUSSAINT, J.F. (1993). *Evolución geológica de Colombia. Precámbrico-Paleozoico*. Editorial Universidad Nacional, Medellín. 229 p..
- \_\_\_\_\_ (1994). *Evolución geológica de Colombia. Triasico-Jurasico*. Editorial Universidad Nacional, Medellín. 94 p.
- \_\_\_\_\_ (1996). *Evolución geológica de Colombia. Cretácico*. Editorial Universidad Nacional, Medellín. 277 p.
- \_\_\_\_\_ (1999). *Evolución geológica de Colombia durante el Cenozoico*. Editorial Universidad Nacional, Medellín. 221 p.

URIBE, A., (1985). *Geografía del estado de Antioquia en Colombia*. Gobernación de Antioquia, Autores Antioqueños, 2a Edición.

VALENCIA & ZULUAGA (2000). "Propuesta de Gestión Ambiental para la zona Nororiental de Medellín. Elementos Suelo y Agua". Proyecto de Grado, Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería.

WOODWARD-CLYDE CONSULTANTS (1986). "Seismic Geology and Seismicity of the Northwestern Colombia". Informe Interno. 1-156.



# Montería

María Isabel Toro Quijano

## Reseña histórica

La ciudad de Montería fue fundada por don Juan de Torrezar Díaz Pimienta en el “sitio de las Monterías que llaman de Buenavista” en el año de 1744. Sin embargo, las inundaciones periódicas del río Sinú hicieron que luego de una comisión enviada por el Gobernador de Cartagena, Antonio de la Torre y Miranda, se trasladara la ciudad el 1 de mayo de 1777 a la margen izquierda del río, a un sitio localizado dos leguas aguas abajo del asentamiento original.

Este nuevo poblado tomó el nombre de San Jerónimo de Buenavista; sin embargo, el asentamiento fue quemado por los indígenas y los sobrevivientes retornaron al sitio original de la playa de Montería en la margen oriental; en 1912 el poblado fue elevado a la categoría de cabecera de la provincia del alto Sinú y distrito judicial. No obstante, sólo toma el rango de municipio el 27 de abril de 1923, mediante Ordenanza de la Asamblea Departamental de Bolívar y de capital del departamento de Córdoba el 18 de diciembre de 1951 (Exbrayat, 1996).

La historia de Montería estuvo muy ligada a la influencia de las compañías extranjeras que realizaron la extracción de maderas en los bosques del río Sinú en la segunda mitad del siglo XIX, época durante la cual Montería se volvió centro regional, por su crecimiento poblacional: de 1200 habitantes en 1840 y 4000 en 1905, su población aumentó a 21 521 habitantes en 1912, 23 268 en 1918 y 36 581 en 1928 (Exbrayat, 1939 en Ocampo, 1999). El desarrollo rápido y las transformaciones aceleradas de los bosques en explotaciones ganaderas determinaron, de una u otra manera, el patrón de desarrollo de Montería.

## Entorno biofísico

### Localización y extensión

Montería se localiza al noroccidente de Colombia entre las coordenadas geográficas X: 1 400 000 m.N – 1 480 000 m.N y Y: 1 085 000 m.E – 1 060 000 m.E, en la parte media de la cuenca del río Sinú. Limita al norte con los municipios de Puerto Escondido, San Pelayo y Cereté; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con Los Córdobas, Canalete y el departamento de Antioquia y al este con San Carlos y Planeta Rica.

Montería tiene una extensión de 315 414 hectáreas y representa el 21,3 % del área total de la cuenca del Sinú. El río Sinú recorre el municipio de Montería de sur a norte, con una longitud total de 103 km, desde la hacienda Las Tangas al sur hasta el caño Bugre al norte. Su territorio se encuentra entre las últimas estribaciones de las serranías de San Jerónimo y Abibe.

El área urbana del municipio de Montería está ubicada en la llanura de inundación del río Sinú, lo cual determina su topografía plana, atravesada de sur a norte por esta corriente en una longitud de 8 km; la llanura aluvial es extensa y tiene una altura promedio de 20 metros sobre el nivel del mar-msnm, aunque en la margen derecha al sur de la ciudad se presentan las estribaciones más septentrionales de la serranía de San Jerónimo, correspondientes al sector de Sierra Chiquita, donde se alcanza una altura máxima de 88 msnm.

Montería tiene un área construida aproximada de 6 km<sup>2</sup>, donde alternan edificaciones modernas y tradicionales, que en algunas partes de la ciudad evidencian un crecimiento desordenado con grandes barrios producto de las invasiones localizados principalmente en la periferia de la ciudad.

#### Clima y vegetación

Para la cuenca hidrográfica del río Sinú se presentan dos patrones en el comportamiento climático, uno espacial que hace que la precipitación aumente a medida que el valle se estrecha y asciende, y otro temporal debido al paso de la zona de convergencia intertropical (CVS, 2004).

El régimen de precipitación en la cuenca es unimodal. La época de lluvias se inicia en mayo y se extiende hasta comienzos de noviembre; la época seca va desde mediados de noviembre hasta los primeros días de abril; el mes más húmedo es junio y los más secos enero y febrero. Más del 80% de las precipitaciones se producen en época de invierno, la precipitación promedio anual es de 1400 mm.

El carácter tropical del valle y la predominancia de las zonas bajas establecen un régimen térmico cálido tropical con temperaturas medias mensuales superiores a 25°C, y diferencias día-noche mayores que las diferencias intermensuales; la temperatura promedio anual es superior a 27,5° C y varía poco anualmente. La humedad relativa presenta valores superiores a 80% en toda la cuenca teniendo su valor mínimo hacia Montería, donde alcanza el 82%. Desde este punto hacia el norte, la humedad relativa aumenta muy uniformemente hasta llegar a un valor de 86% en el mar Caribe. El número de horas totales anuales de brillo solar a la altura de Montería se tienen en promedio 2000 horas.

En relación con la clasificación climática de Thornwaite el municipio de Montería tiene un clima semiseco y corresponde según la clasificación de Holdridge a una zona de vida bosque seco (CVS, 2004).

En términos generales se puede concluir que para la cuenca hidrográfica del río Sinú los mayores valores de evapotranspiración coinciden con la época de lluvias y llegan a un valor promedio de 150 mm por mes. Hacia los meses finales del año y los meses de enero y febrero se alcanzan los valores mínimos, los que varían entre 140 y 120 mm en promedio en toda la cuenca (CVS, 2004).

#### Hidrología

La ciudad de Montería se encuentra en la parte media de la cuenca del río Sinú, en ambas márgenes de la corriente principal.

### Cuenca del río Sinú

La cuenca hidrográfica del río Sinú tiene una extensión de 1 395 244 hectáreas de las cuales el 93% corresponde al departamento de Córdoba, el 6% a Antioquia y el 1% al departamento de Sucre (figura 1). La longitud total del cauce de 437,97 kilómetros desde su nacimiento hasta su desembocadura, la pendiente promedio del cauce es de 0,85 % y de acuerdo con el sistema de clasificación de Horton es una corriente de orden 7 a escala 1:100 000.

El río presentaba en la Doctrina, sector próximo a su delta y antes de la puesta en marcha de la Hidroeléctrica de Urrá, según datos medidos por el IDEAM entre enero de 1970 y diciembre de 1999, un caudal promedio diario de 397 m<sup>3</sup>/s con caudales máximos hasta de 858 m<sup>3</sup>/s y mínimos de 29 m<sup>3</sup>/s.

Dentro del contexto hidrográfico nacional la cuenca del río Sinú es una de las más representativas, y en la costa Atlántica es la cuenca más extensa propia de un departamento. La cuenca hidrográfica del río Sinú representa el 55,7% del territorio del departamento de Córdoba –el cual tiene un área de 25 068 km<sup>2</sup>– y en ella se localiza cerca del 76,3 % de la población total del departamento.

La llanura aluvial, que ha sido totalmente deforestada y tiene actualmente un uso pecuario y agrícola, tiene una pendiente desde el río hacia afuera, de tal manera que las crecientes tienden a permanecer en la propia llanura aluvial. Las condiciones hidráulicas que a menudo ocurren a principios de la estación de lluvias, permiten que el agua fluya desde el río Sinú a través de los caños hacia las ciénagas; en la estación de lluvias las ciénagas reciben escorrentía de sus propias hoyas hidrográficas, y el flujo ocurre en dirección contraria, es decir, desde las ciénagas hacia el río Sinú.

La cuenca del río Sinú puede dividirse en cuatro sectores de acuerdo con su dinámica: la cuenca alta, la cuenca media, la cuenca baja (o delta) y un delta interior.

El alto Sinú se localiza aguas arriba de Urrá, y de allí provienen los caudales líquidos y sólidos principales. El medio Sinú se localiza entre este sector y la ciudad de Montería, ahí el río se torna meándrico y divagante con una llanura aluvial compuesta por abanicos y llanuras de inundación. A partir de Montería el delta interior se abre en una especie de abanicos de paleocauces que se dirigen hacia el norte y donde la cuenca se ensancha hasta alcanzar 40 km en promedio, en esta zona aparece el sistema de ciénagas y pantanos de la ciénaga grande del bajo Sinú, con ríos y paleocauces poco sinuosos, con muy bajo gradiente. Finalmente, el paisaje fluvial evoluciona a litoral en el delta fluvio-marino en la costa Caribe con sus fases de progradación, cordones litorales y manglares (IDEAM, 1998).

#### Subcuenca del caño Caimanera

Paralelo al curso del Sinú, en la margen izquierda, se localizan los caños Caimanera, Viejo y Varadero, los cuales corresponden a antiguos cauces del río Sinú; la parte de la ciudad de Montería localizada en la margen izquierda del río se ubica en esta importante subcuenca .

La subcuenca con un área total de 1217 km<sup>2</sup> y una precipitación media anual de 1387,9 mm/año, según las modelaciones hidrológicas realizadas por CVS-Herrera (2004), indican que el volumen de agua precipitada sobre la subcuenca en un año medio es de 1689,3 millones de metros cúbicos (Mmc).

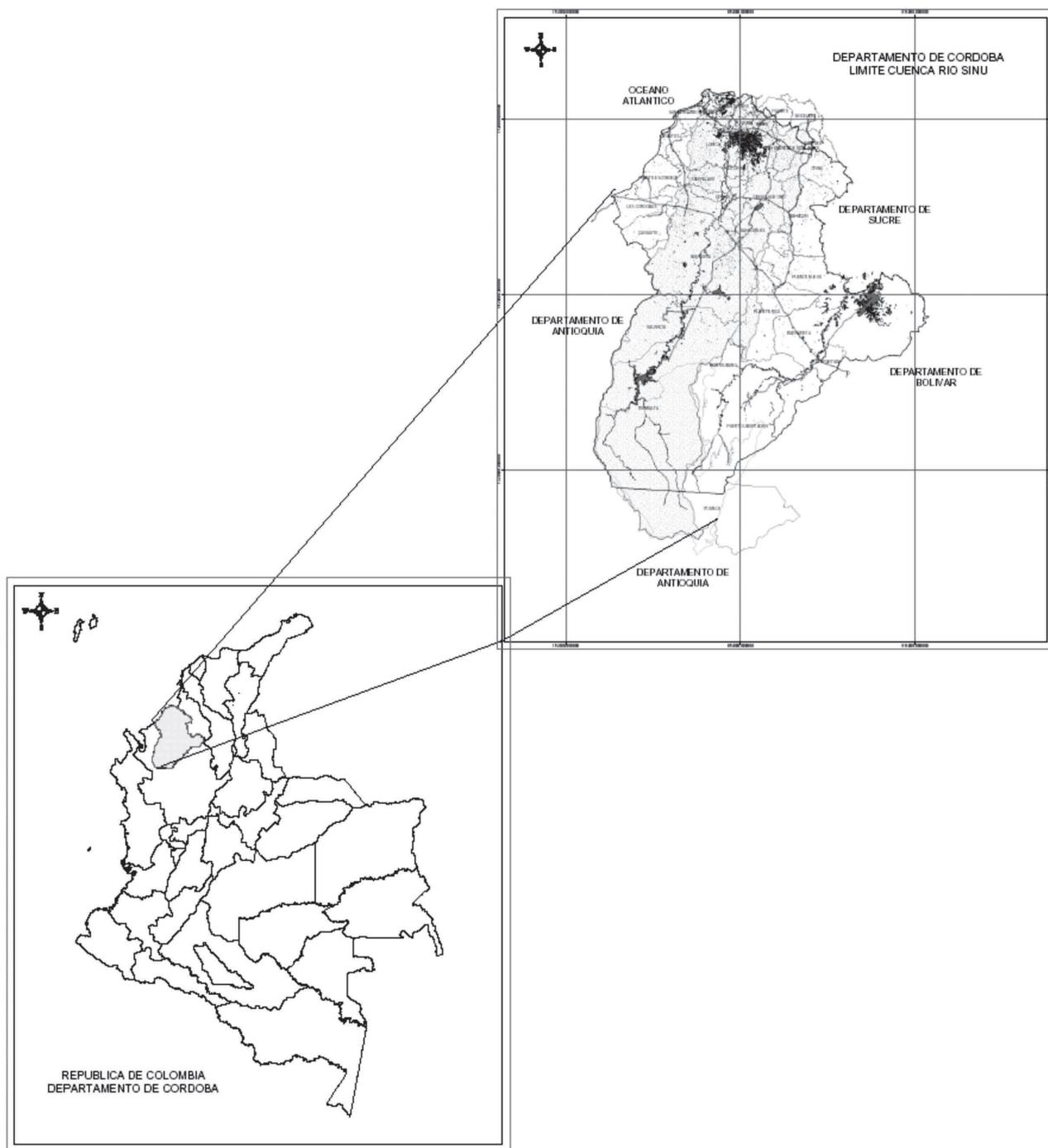


Figura 1. Localización de la cuenca hidrográfica del río Sinú, en la parte media de la cuenca, se resalta el área urbana de Montería

La Caimanera está caracterizada por la presencia de numerosas ciénagas altamente intervenidas, debido a que la mayor parte del área se encuentra sobre tierras bajas sujetas a inundación y los propietarios han construido diques marginales y han taponado el cauce principal en diferentes sitios, lo que ha conducido a la pérdida de la capacidad hidráulica y a la agradación del lecho, lo que incrementa la susceptibilidad a la inundación, no sólo de la zona rural del municipio de Montería, sino también de una porción del área urbana (CVS – Herrera, 2004).

#### Canal colector del INAT

Sobre la margen derecha el canal colector del antiguo INAT recoge las aguas de otros afluentes provenientes de la serranía de San Jerónimo, correspondientes a los arroyos El Mamón, Mocholo, Trementino, Boca La Ciénaga, El Pital, Grande y el caño Remedía Pobres; igualmente el canal de drenaje principal del INAT drena las aguas lluvias de la ciudad de Montería.

#### Aguas subterráneas

El conocimiento de las aguas subterráneas para el municipio de Montería se limita al mapa hidrogeológico del departamento de Córdoba a escala 1:250 000 (Ingeominas-CVS, 2004). Los recursos hídricos subterráneos existentes en el municipio de Montería se asocian al acuífero de depósitos aluviales y al acuífero El Cerrito.

#### Acuífero de depósitos aluviales

Casi la totalidad del área urbana del municipio de Montería se ubica sobre este acuífero discontinuo de extensión local, conformado por capas de grava, arena, limo y arcilla, depositadas en un ambiente fluvio-lacustre.

Es un acuífero libre a semiconfinado de baja productividad, aunque localmente confinado por niveles arcillosos; las capacidades específicas varían entre 0,02 y 0,8 l/s/m, los valores de transmisividad van desde 30 hasta 80 m<sup>2</sup>/día y el coeficiente de almacenamiento promedio es de 1,0 E<sup>-03</sup>.

La conductividad hidráulica real es de 0,5 m/día y posibilidades de explotación por medio de pozos entre 100 y 200 metros de profundidad. Las áreas aflorantes de esta unidad se consideran zonas de recarga con baja capacidad de infiltración y flujo esencialmente intergranular.

La recarga proveniente de corrientes tributarias que drenan rocas de origen marino adyacentes al depósito aluvial del río Sinú contribuye a la mineralización que presenta el agua del acuífero. El agua es dulce (valor en el límite dulce-salobre) y muy dura.

Hidroquímicamente las aguas subterráneas existentes en los depósitos del río Sinú son también de tipo mixto, muy duras y con conductividades hasta de 1500 µS/cm.

Los diferentes mapas de isoconcentraciones (sólidos disueltos, sulfatos y cloruros) muestran que esta zona es donde se encuentran las más altas concentraciones de iones en solución para todo el departamento, principalmente en el área de la ciudad de Montería. No es un agua apta para consumo humano, aunque es empleada para abastecimiento doméstico. No debe

ser empleada para riego ya que existe alto peligro de salinización del suelo (Ingeominas-CVS, 2004).

Los niveles estáticos para esta unidad son muy someros, principalmente cerca del nivel base de los ríos hasta 6,0 m de profundidad en zonas puntuales de los depósitos aluviales del río Sinú.

#### Acuífero El Cerrito

Sobre este acuífero se localiza aproximadamente el 5% del área urbana en la parte más meridional de Montería, margen derecha, y gran parte del área rural del municipio; consta de una alternancia de lodolitas y areniscas calcáreas de grano fino y lentes discontinuos de conglomerados e intercalaciones de limonitas y areniscas arcillosas y arenisca de grano fino hacia la parte media y superior.

Los niveles arenosos del acuífero El Cerrito, especialmente en su parte superior, pueden desarrollar una alta porosidad secundaria por fracturamiento para almacenar y transmitir agua subterránea, comportándose como área de recarga, con alta capacidad de infiltración.

Se define como un acuífero semiconfinado a confinado de baja productividad, con capacidades específicas entre 0,03 y 0,2 l/s/m., valores de transmisividad entre 2,0 y 20 m<sup>2</sup>/día y coeficientes de almacenamiento entre 0,8 E<sup>-03</sup> y 1,0 E<sup>-03</sup>. Las posibilidades de explotación se presentan a través de pozos con profundidades entre 100 y 300 metros. La descarga artificial a través de pozos y aljibes es del orden de 2500 m<sup>3</sup> por día (Ingeominas-CVS, 2004).

El agua del acuífero es de tipo bicarbonatada-sódica-cálcica, conductividad eléctrica hasta de 600 µS/cm y moderadamente blanda.

#### Geomorfología

La ciudad de Montería se localiza en la llanura de inundación del río Sinú, la cual presenta humedales y numerosos paleocauces con sentido sur-norte, que muestran la gran movilidad lateral del río.

A pesar de la importancia de la delimitación de las unidades geomorfológicas para el desarrollo y la buena planificación de la ciudad de Montería, hasta la fecha, para la totalidad del área urbana, sólo se cuenta con geomorfología realizada por el CIAF (1986), revisada y actualizada para la elaboración del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Sinú, por Reyes y Torres (2004), ambas a escala 1:100 000.

En el marco del proyecto de rehabilitación del caño La Caimanera, localizado en la margen izquierda del río Sinú, se realizó la delimitación de unidades geomorfológicas utilizando fotografías aéreas ortorrectificadas a escala 1:8000, tomadas por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge-CVS en 2005, con el fin de precisar la escala de los diseños y delimitación de unidades geomorfológicas de CVS-Herrera, 2004 (CVS-Robertson, 2006), dicha delimitación sólo corresponde al área occidental del municipio de Montería, margen izquierda del río Sinú.

Las unidades geomorfológicas presentes en el área urbana del municipio de Montería son:

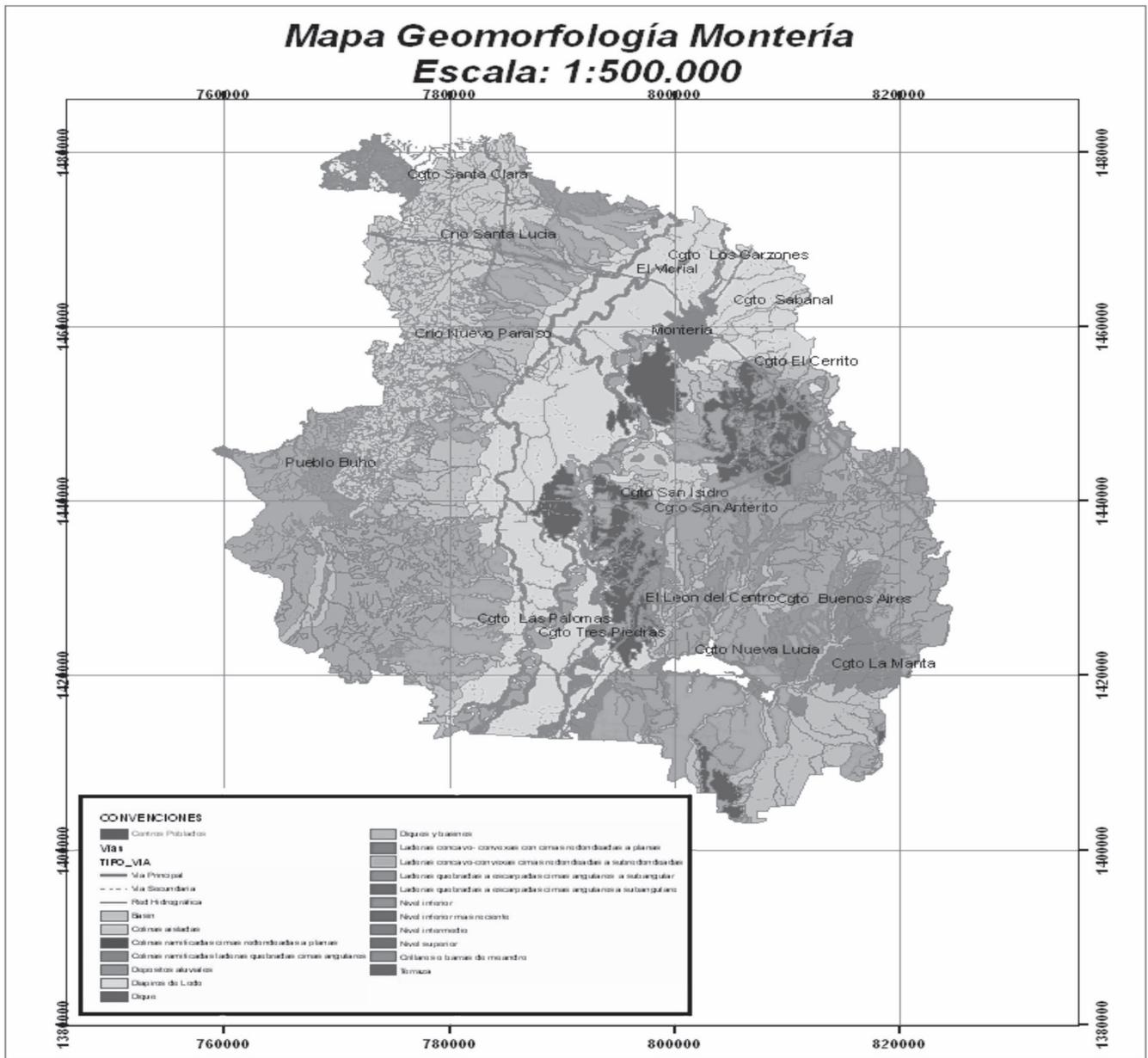


Figura 2. Mapa de unidades geomortológicas del municipio de Montería. Modificado de CVS, 2004

### Llanura de inundación

Diques aluviales: con pendientes ligeramente convexas asociadas, productos de la sedimentación durante los periodos de desborde del río. Predominan los sedimentos areno-limosos estratificados a veces en forma de lentes descontínuos generados por los antiguos desbordes laminares. Por su topografía ligeramente positiva dentro de la llanura de inundación y su permeabilidad media, son poco inundables y sólo ligeramente encharcables durante las estaciones de lluvia. Los diques aluviales ocurren en dos formas, activos e inactivos (CIAF, 1986).

Según los apiques realizados por el CIAF (1986) los diques de la margen izquierda del río Sinú son recientes y se componen de arena fina y limos, algunas veces superpuestos y entrelazados con los albardones de Caño Viejo. En general son de extensión variable, algunas veces de hasta 1 km de ancho y son la característica morfológica más importante desde Tierralta hasta Lorica (Martínez, 1992 En: CVS - Herrera, 2004).

### Cubetas de inundación

Las cubetas de inundación corresponden a las zonas deprimidas próximas a las ciénagas de las llanuras de inundación de los ríos aluviales. Comúnmente están dominados por suelos arcillo-limosos, resultado de la decantación de los sedimentos de los desbordes de los ríos principales. Como geoforma localizada entre los diques aluviales y las ciénagas, presentan una pendiente plana a ligeramente cóncava, lo cual facilita el encharcamiento en épocas de lluvias y la retención del agua de desborde y aporte por afluente (CVS – Robertson, 2006). Estas áreas ocupan la mayor parte del área urbana de Montería.

La zona urbana de Montería, localizada sobre la margen izquierda del río Sinú, también merece un análisis cuidadoso de sus condiciones geomorfológicas e hidromórficas. La fotointerpretación geomorfológica junto con las observaciones de campo comprueban la presencia de una zona transicional de pantano con la casi ausencia de pendiente en suelos arcillo-orgánicos, condición que corresponde a las cubetas de inundación transicionales (CVS – Robertson, 2006).

### Ciénagas

Representan las geoformas de amortiguación de caudales pico. Además, alimentan los canales aluviales en periodos de estiaje cumpliendo una función hidrológica y biológica fundamental.

En los pantanos predominan depósitos arcillo orgánicos con nivel freático superficial fluctuante. Las ciénagas deben considerarse como cuerpos permanentes, aunque la dinámica de los caudales y lluvias implica su expansión y contracción de acuerdo con la disponibilidad de aguas en el sistema fluvio-lacustre (CVS-Herrera, 2004).

En la margen izquierda del río Sinú, el análisis de aerofotografías permitió observar la reducción en áreas cenagosas en los últimos 40 años. Uno de los casos más representativos corresponde al sistema de ciénagas de Redonda, Martinica, Garzal, Juncal y Pozo Bonito donde, a pesar de haber sido declarada

reserva del Estado desde 1974 y ratificada como tal por el Plan de Ordenamiento Territorial de Montería, el área de amortiguación se redujo en un 90,6% al pasar de 18,7 km<sup>2</sup> en 1961 a 1,8 km<sup>2</sup> en 1984 (CVS-Herrera, 2004).

Sumado a la reducción de las áreas de amortiguación por desecación de ciénagas se tiene su eutrofización. Los cuerpos de agua permanentes se encuentran invadidos por vegetación, en especial heliconias y buchón de agua o taruya, cuya presencia no sólo reduce los niveles de oxígeno del agua, lo que favorece el excesivo enriquecimiento de las aguas en nutrientes, y propicia la sedimentación, sino que incrementa la evapotranspiración haciendo que en los períodos de estiaje, entre diciembre y enero, se presente un apresurado déficit hídrico (CVS-Herrera, 2004).

#### Colinas

Localizadas en la parte más al sur del perímetro urbano, margen derecha del río Sinú. Corresponde al sector denominado Sierra Chiquita en el cual se presentan rocas cretácicas y terciarias de las formaciones San Cayetano y Cerrito, caracterizadas por laderas con pendientes medias a fuertes y longitudes medias (CVS – Corpocaldas, 2006).



Figura 3. Geoformas colinadas correspondientes a Sierra Chiquita, al sur del casco urbano

## Geología

En el área urbana del municipio de Montería afloran las siguientes unidades:

### Formación San Cayetano

Corresponde a areniscas grauáquicas conglomeráticas con cantos de rocas volcánicas, metamórficas y chert; la edad de esta unidad es Paleoceno superior. Esta unidad presenta las mayores elevaciones del área urbana de Montería, en el sector de Sierra Chiquita.

### Formación Ciénaga de Oro

Areniscas intercaladas con arcillolitas en las cuales son frecuentes los bivalvos y gasterópodos, que afloran en la parte meridional del área urbana de Montería; en la base de esta unidad se presentan mantos de carbón y shales carbonosos y en el techo, calizas arrecifales. La edad de esta unidad es Eoceno superior.

### Depósitos aluviales

Corresponden a materiales no consolidados compuestos por gravas, arenas, limos y arcillas originados por los desbordes del río Sinú y corrientes menores; en los depósitos son frecuentes los sepultamientos originados por la divagación del río. Esta unidad ocupa aproximadamente el 95% el área urbana del municipio de Montería.

## Análisis tectónico

En la zona de Montería las principales estructuras presentan tendencia norte y siguen o coinciden con antiguas zonas de deformación. La estructura básica de la región es la de un prisma de acreción adherido al continente durante el Cenozoico, como resultado de la convergencia de la placa oceánica del Caribe, en su sector suroccidental, y la placa continental de Sur América, en su borde noroccidental (DUQUE, 1979, 1980, 1984).

El rasgo tectónico más importante del área es el Lineamiento o Falla del Sinú, el cual corresponde a la separación tectónica entre los cinturones Sinú y San Jacinto. Hacia la zona de Montería, su expresión morfológica y sus características estructurales están enmascaradas por terrenos planos y cenagosos del Cuaternario; sin embargo, en algunas zonas es evidente el control preferencial con dirección NNE que ejerce en el cauce del río Sinú y en los caños y ciénagas del sector.

Algunos autores consideran la ocurrencia de subsidencia, asentamiento generalizado, en el aluvión del río Sinú como respuesta a la carga de sedimentos que recibe constantemente. Esta condición sería la responsable de algunos procesos de avulsión o cambio abrupto de dirección de curso en un proceso de construcción fluvial de un nuevo cauce más corto y con mayor pendiente. Incluso se ha propuesto que esta subsidencia es la responsable de la desaparición de los diques naturales (Martínez, 1992 en: CVS-Herrera, 2004).

## Procesos erosivos

En el área urbana los procesos erosivos ocurren principalmente en inmediaciones de Sierra Chiquita y en las orillas del río Sinú.

### Erosión laminar

Corresponde al proceso erosivo más significativo en el área urbana de Montería, el área más afectada es Sierra Chiquita, no sólo por las pendientes que caracterizan el sector, sino también porque el 30% del área permanece sin cobertura vegetal durante todo el año (CVS-Corpocaldas, 2006).

En el área rural de Montería, este tipo de erosión se presenta en las cabeceras de las quebradas Marralú y Cantagallo, afluentes de la quebrada Aguas Blancas (CVS-Herrera, 2004) y en las cabeceras de los arroyos que alimentan la ciénaga de Betancí.

### Erosión en surcos

Este proceso erosivo se encuentra principalmente restringido al flanco oriental de Sierra Chiquita, en el sector de La Cantera, antigua explotación de balasto.

### Erosión en cárcavas

Son comunes en el flanco occidental de Sierra Chiquita, lo cual ha desencadenado la colmatación del humedal del mismo nombre, en inmediaciones de la Brigada XI del Ejército Nacional.

### Movimientos en masa

Se presentan principalmente en Sierra Chiquita al sur de la ciudad y en Loma Grande al este de ésta; los tipos principales son: caída de bloques, deslizamientos traslacionales y flujos de tierra.

Según CVS-Corpocaldas (2006) en Sierra Chiquita la cobertura vegetal oscila entre verano e invierno entre el 40% y el 70% respectivamente y aunque la susceptibilidad de los materiales que afloran es alta, los procesos erosivos de este tipo se asocian con la pérdida importante de la cobertura vegetal y con el método de construcción utilizado por los desplazados que han invadido el lugar.

Adicionalmente a los procesos erosivos superficiales descritos, en Sierra Chiquita se presenta erosión subsuperficial (tubificación) dado que las aguas lluvias y servidas se infiltran en el terreno y erosionan las partículas más finas, lo que es evidenciado por los numerosos conductos que se observan en el suelo y por los cuales en épocas de lluvias los moradores del sector indican que “sale agua del suelo” o “llora el suelo”. En el sector en cuestión, el proceso genera asentamientos diferenciales del suelo por el arrastre de las partículas más finas con la consecuente caída de bloques sobre las viviendas.

### Erosión fluvial

Los procesos erosivos de este tipo ocurren principalmente a en el cauce principal del río Sinú; esta corriente tiene en el municipio de Montería una longitud de 103 km, lo que representa una longitud total de orillas de 206 km, de las cuales se encuentran afectados por erosión de bancas un total de 31,1 km, tanto en curva externa como en curva interna y tramo recto.

Aunque este tipo de erosión es natural en todas las corrientes, la intensidad de los procesos erosivos ha aumentado luego de la entrada en operación de la central hidroeléctrica Urrá I; el desplome de las orillas está principalmente asociado al desembalse rápido de los mismos por el cambio brusco de los niveles del Sinú.

## Aspectos socioeconómicos

### Demografía

Según el censo realizado por el DANE durante 2005, la cabecera urbana de Montería tiene una población 288 192 habitantes, lo que representa el 75,5% de los habitantes totales del municipio y el 20% de la población total del departamento. El municipio comprende 27 corregimientos y 154 veredas distribuidas en nueve subregiones.

El área urbana se localiza en ambas márgenes del río Sinú, el sector de la margen derecha tiene una extensión de 33,3 km<sup>2</sup>, en éste se encuentran ubicadas las dependencias principales de la administración departamental y municipal y las principales instalaciones comerciales e institucionales. El sector de la margen izquierda tiene un área de 6,4 km<sup>2</sup>, con un uso residencial predominantemente.

La ciudad de Montería está compuesta por 57 barrios. En los años 80 y 90 un nuevo patrón de urbanización desbordó los límites del modelo reticular español y dio más importancia al desarrollo de parcelación y loteo; esto dio como resultado la imposibilidad de establecer un dimensionamiento y dotación del espacio público, y generó un proceso particular de urbanización, sin un proyecto estructurante de ciudad. Las dificultades de adecuación de la planificación urbana y estas nuevas condiciones han permitido la formación de una ciudad fraccionada y desarticulada (POT, 2002).

La evolución de la población en Montería ha mostrado un crecimiento demográfico con tasas más altas que el promedio regional, lo que se asocia con el desplazamiento de familias desde las zonas en conflicto y de zonas afectadas por fenómenos naturales.

### Economía

La ganadería es la principal actividad económica de Montería, la cría, levante y engorde se desarrollan de manera extensiva y en menor proporción semi-intensiva. La agricultura ocupa el segundo lugar con cultivos como algodón, sorgo, maíz, soya, ajonjolí y arroz, los cuales se cultivan dependiendo de la época y presencia de lluvias; sin embargo, el municipio no cuenta con estadísticas sobre la distribución específica de las áreas sembradas (POT, 2002).

El municipio de Montería es el mayor productor de ajonjolí del departamento, con 600 ton/año; el segundo en la producción de sorgo, con 700 ton/año y de arroz en riego con 1500 ton/año.

Aunque la minería no se encuentra dentro de las principales actividades económicas del municipio, es importante señalar el potencial minero de Montería, al sur del área urbana se presentan algunas explotaciones de calizas de alta calidad, principalmente en las canteras Siberia, Los Andes, Gallo Crudo y Santa Isabel, en las calizas terrígenas correspondientes a la Formación Chalán-Tolú Viejo.



Figura 4. Calizas de la cantera Gallo Crudo (Tomado de Torres y Reyes, 2004)

### Vías y transporte

La red vial municipal tiene 603,5 km, de los cuales 61 km corresponden a vías de tipo nacional, 48 km de tipo departamental y 494,5 km a vías municipales. Montería se encuentra interconectada con los corregimientos y sus respectivas veredas por medio de carreteras de tipo municipal que carecen de especificaciones técnicas y presentan conflictos con las corrientes de agua (POT, 2002).

Montería como ciudad, como municipio y como centro departamental está integrada por vías terrestres a todas las capitales de los departamentos costeros y al resto del país mediante la troncal oriental que la atraviesa y la conecta a la red vial nacional; sin embargo, la falta de vías que comuniquen los corregimientos entre sí se constituye en un limitante para el logro de una mayor integración, funcionalidad y por consiguiente, para potencializar el desarrollo en diferentes aspectos (POT, 2002).

La ciudad cuenta con un aeropuerto ubicado en la vía que conduce a Cereté, a 10 km del casco urbano, el cual tiene un carácter regional, dado que presta sus servicios de transporte de pasajeros y carga no sólo a Córdoba sino también a Sucre y al noreste de Antioquia.

Hasta mediados del siglo pasado, el río Sinú servía como medio de transporte entre Cartagena, Lórica y Montería con embarcaciones con capacidad hasta de 200 toneladas. A partir de 1943 con el cambio de desembocadura del río desde la bahía de Cispatá hacia Tinajones, las nuevas condiciones de corrientes y profundidad restringieron el tránsito de embarcaciones por el bajo calado, lo que llevó a que la navegación para carga prácticamente desapareciera (POT, 2002).

En la zona urbana de Montería el río Sinú constituye el medio de transporte de pasajeros entre ambas márgenes, con un total de 22 planchones que movilizan aproximadamente 250 personas diarias cada uno.

#### Educación

La educación básica primaria y secundaria en el sector urbano tiene una deficiente cobertura para los estratos uno y dos. Montería ofrece actualmente cerca de 80 000 cupos en educación preescolar, básica y media, de los cuales el sector público cubre cerca de un 70%. La concentración de colegios en el centro de la ciudad y en barrios mal dotados, se ha convertido en un fenómeno generador de serios impactos en la forma de vida de los niños y en los patrones de movilidad urbana, en construcciones adaptadas muy precarias e inadecuadas para la prestación del servicio, causando impactos negativos dentro de las zonas residenciales (Universidad Pontificia Bolivariana, 2006).

A nivel de educación superior, el municipio tiene como una de sus fortalezas la alta concentración de instituciones educativas. Actualmente la ciudad ofrece el mayor número de cupos universitarios, técnicos, tecnológicos y de posgrados en la región.

#### Salud

En el casco urbano, la prestación del servicio se realiza a través de clínicas particulares, centros de salud y el hospital local, este último con instalaciones relativamente nuevas con el objeto de mejorar la cobertura y el servicio; gran parte de los grupos poblacionales como trabajadores informales no se encuentran afiliados a algún régimen de salud (Universidad Pontificia Bolivariana, 2006).

#### Aspectos ambientales

##### Abastecimiento de agua

La ciudad de Montería utiliza para consumo humano el agua del río Sinú, ya que las aguas subterráneas no son aptas para este fin. Desde el año 2000 opera en la ciudad, mediante concesión, la empresa Proactiva Aguas de Montería S.A E.S.P, la cual priorizó el aumento de cobertura de agua potable sobre la de alcantarillado y pasó de 6 horas de suministro continuo a 23 horas en la actualidad.

El sistema se encuentra integrado por una planta principal en Sierra Chiquita y tres subestaciones (Las Iguanas, Los Campanos y Mocarí), los tanques principales se encuentran en la planta Sierra Chiquita y tienen una capacidad de almacenamiento de 9000 m<sup>3</sup>, las demás estaciones utilizan sistema de rebombeo. La capacidad de producción en Sierra Chiquita es de 600 l/s, y en cada una de las tres restantes es de 150 l/s.

### Zonas con riesgo alto

El Plan de Ordenamiento Territorial de Montería fue aprobado en 2002 condicionalmente, y se fijó un plazo de un año para la entrega de la delimitación de unidades geomorfológicas, amenazas por procesos erosivos e inundación y riesgos en un plazo de un año; sin embargo, a la fecha, ninguno de los documentos condicionados en la aprobación ha sido elaborado. La delimitación de zonas con riesgo existente corresponde al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Sinú, a escala 1:100 000.

### Inundaciones

En el área urbana las zonas con riesgo alto por inundación hasta 1999 se asociaban con desbordes periódicos del río Sinú y encharcamientos de zonas planas durante épocas de invierno; sin embargo, la entrada en operación de la central hidroeléctrica Urrá I minimiza los riesgos asociados a desbordes del río.

La cuenca del río Sinú se caracterizó hasta 1999 por la ocurrencia de inundaciones con relativa frecuencia, en promedio una vez cada dos o tres años, en ambas márgenes del río, ocasionando problemas socioeconómicos graves para la región. Solamente para el año de 1988 las pérdidas materiales ascendieron a la suma de 25 mil millones de pesos (Comité Regional de Emergencia, 1990 en CVS, 2004).

Antes de Urrá los caudales estaban distribuidos en un rango amplio, entre 400 y 1900 m<sup>3</sup>/s, como es de esperarse en el comportamiento natural de un río. Después de la operación de Urrá, la media se conserva pero concentrando los caudales en un rango más limitado, entre 400 y 800 m<sup>3</sup>/s, con tendencia hacia caudales medios. Esto muestra el efecto regulador que ha tenido el embalse.

Según el análisis de frecuencia de caudal máximo mensual, la magnitud de eventos extremos máximos para períodos de retorno dados se redujo considerablemente después de la operación de la central hidroeléctrica Urrá I; es así como para un mismo período de retorno (por ejemplo, 50 años) antes se tenía un caudal máximo cercano a los 2000 m<sup>3</sup>/s; y ahora, para el mismo período de retorno, éste disminuyó a tan sólo 800 m<sup>3</sup>/s. Por otro lado, un caudal que se presentaba antes con un período de retorno bajo, es decir, que ocurría con mucha frecuencia, ahora se presenta con menor frecuencia (CVS, 2004).

La inexistencia de mapas geomorfológicos a escala adecuada hace imposible precisar en la actualidad el área y población en riesgo por encharcamiento en la margen derecha del río Sinú; sin embargo, dichos fenómenos afectan año tras año algunos sectores del área urbana.

El fenómeno de las inundaciones en el área rural de Montería, subcuenca La Caimanera en la margen izquierda del río Sinú, se ha presentado a lo largo de los años no sólo por factores hidrológicos naturales sino también por la intervención en la dinámica hidráulica del sistema de caños asociado a La Caimanera.

Desde 2005 la CVS inició la recuperación de la capacidad hidráulica del sistema, beneficiando de manera directa a un total de 4986 habitantes de la margen izquierda del Sinú. Este ambicioso proyecto no sólo plantea la recuperación del sistema de canales sino también la recuperación de las áreas de amortiguamiento y el diseño del sistema de alerta temprana por inundación.

### Procesos erosivos

Las zonas con riesgo alto por procesos erosivos corresponden a Sierra Chiquita, al sur del perímetro urbano; en la actualidad, según datos del Sisbén, en las laderas del flanco oriental se localizan 320 familias que de acuerdo con la sentencia del Honorable Tribunal de Córdoba deben ser reubicadas por la administración municipal.

Este asentamiento subnormal localizado en una zona con restricciones de uso, ha sido reubicado en dos oportunidades por la alcaldía municipal de Montería, pero dicha reubicación se concibió como una medida aislada, es decir, nunca se implementó una solución al problema y por lo tanto, los antiguos moradores vendieron los “techitos” a los actuales habitantes.

En relación con las zonas de retiro de corrientes de agua superficial, es necesaria la evaluación de las viviendas asentadas en las orillas del río Sinú y que en la actualidad presentan un intenso proceso de erosión de bancas, como es el caso del barrio La Esmeralda.

Desde 2001, Montería ha sufrido una gran transformación en relación con la recuperación de las zonas de ronda hidráulica del río Sinú: la avenida Primera, orgullo de propios y extraños, es producto de la reinversión de la sobretasa ambiental recibida por la CVS, y en la actualidad el mayor exponente del espacio público ambiental en Montería.



Figura 5. Ronda del Sinú, parque lineal donde la incorporación del patrimonio ambiental al espacio público es ejemplo a nivel nacional (Tomado de [www.cordoba.gov.co](http://www.cordoba.gov.co))

## Plantas de tratamiento

Al igual que el servicio de acueducto, el alcantarillado de la ciudad se encuentra en concesión a la empresa Proactiva Aguas de Montería S.A E.S.P, la cobertura a la fecha es de 25 174 habitantes, para una cobertura del 39%.

A la fecha Montería sólo cuenta con dos lagunas ubicadas en el sector nororiental en los límites del perímetro urbano de Montería, una de las cuales no se encuentra en operación debido a que no conserva el retiro obligatorio de 500 m exigido por la Ley. La laguna en operación recibe la totalidad de las aguas residuales del alcantarillado de la margen derecha de la ciudad de Montería, aunque las estructuras de aforo no permiten una medición adecuada de los caudales, éstos se estiman aproximadamente en 450 l/s.

Actualmente, la Corporación Autónoma Regional financia en su totalidad la laguna de oxidación ubicada en la zona suroccidental, beneficiando una población aproximada de 35 000 habitantes en este sector de la ciudad. Los recursos aportados por la CVS, y que debían ser invertidos por el Concesionario, harán parte de un esquema de sustitución de inversiones las cuales deberán estar orientadas a la ampliación de la cobertura del sistema de alcantarillado de Montería.

## Alcantarillado pluvial

La ciudad de Montería no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial, en algunos sectores han sido construidos una serie de canales colectores, con una longitud total de aproximadamente 60 km, distribuidos en la ciudad.

El manejo del drenaje en el casco urbano de Montería desde sus comienzos se ha apoyado principalmente en la adecuación de los arroyos y caños naturales, y en algunos sectores en la habilitación de canales construidos con fines de drenaje e incluso con fines de riego, siendo estos últimos limitados por su localización altimétrica con respecto a las áreas para drenar (Fonade-CVS-Gobernación de Córdoba, 2004).

El 60,2% de la longitud de los canales tiene revestimiento en concreto, mientras que el 33,7% se encuentra en tierra, el porcentaje restante se encuentra revestido en piedra y mampostería. La baja cobertura del sistema de alcantarillado de la ciudad hace que los canales sean utilizados en gran parte de su longitud como receptores finales de aguas servidas, así como basuras y escombros.

Los cálculos y análisis realizados durante 2004 indican que los costos totales de las obras requeridas por el Plan Maestro, ascienden a \$71 437 millones de pesos y serían necesarios \$99 715 millones de pesos para la compra de los predios, que en principio se requerirían para la ampliación de los canales y la adecuación de zonas de amortiguamiento. Es importante señalar que los canales existentes están diseñados para eventos de un año como período de retorno y los diseños propuestos sólo permitirían eventos con un período de recurrencia de cinco años, debido a las características de la urbanización en la ciudad.

## Relleno sanitario

Desde 1981 hasta 2006, la ciudad de Montería disponía los residuos sólidos domésticos en el botadero a cielo abierto denominado El Purgatorio, ubicado

en la vereda Loma Grande al noreste de la ciudad y a una distancia de siete kilómetros de la misma.

El antiguo botadero cubre un área total de 8 ha, las perforaciones exploratorias muestran profundidades de basura entre los 9 y 18 m. En la actualidad se encuentran instalados tres pozos de monitoreo con el fin de realizar la vigilancia y control de los niveles de degradación de las basuras del botadero, siendo importante resaltar que el monitoreo de gas metano en las perforaciones no registró concentraciones en ninguno de los sitios. El Plan de Clausura y Postclausura del mismo, tiene un valor calculado a diciembre de 2006 de 1614 millones de pesos.

El 18 de marzo de 2006, entró en operación el relleno sanitario de Loma Grande diseñado para disponer 1 108 411 m<sup>3</sup> de residuos sólidos, con una vida útil esperada de 20 años; consta de dos plataformas, la primera de un solo nivel y la segunda con cinco niveles de operación, cada nivel presenta una altura de cinco metros.

## Conclusiones

En general, el crecimiento de Montería ha estado caracterizado por la falta de planificación del territorio de acuerdo con sus realidades y por la ausencia del componente ambiental entre sus prioridades. En los últimos años, iniciativas aisladas han permitido una mejoría en la calidad de vida y en la percepción del entorno; sin embargo, se hace necesario un planteamiento del territorio desde la globalidad del mismo, la integración de los componentes social, económico y ambiental permitiría alcanzar el anhelado desarrollo sostenible territorial.

Existe un vacío investigativo aplicado en las diferentes universidades, no sólo en cuanto al conocimiento del territorio y de las características ambientales sino también al análisis de la variable socioespacial. El conocimiento y estudio de las interrelaciones entre lo social y lo ambiental permitiría no sólo la búsqueda de soluciones, sino también el éxito de su implementación.

En Montería existen diferencias de desarrollo muy marcadas y potenciadas por fenómenos de desplazamiento que agudizan las complejas y dinámicas relaciones entre los diferentes componentes del territorio y generan conflictos no sólo ambientales sino también sociales.

## Recomendaciones

Se hace prioritaria la revisión y complementación del Plan de Ordenamiento Territorial existente, teniendo en cuenta que la planificación del territorio debe basarse en el conocimiento de su realidad ambiental, tanto de las potencialidades como de las limitaciones del municipio.

Teniendo en cuenta el déficit de espacio público identificado por el Plan de Ordenamiento Territorial de Montería, es necesario evaluar por parte del municipio la posibilidad de recuperar la zona de Sierra Chiquita, posterior a la reubicación planificada de las viviendas asentadas en cercanías de la Brigada XI.

Es necesaria la búsqueda de un modelo de desarrollo ambiental propio, adecuado a las realidades y características de los componentes social y am-

biental de Montería, aunque deben incorporarse estrategias que han sido exitosas en otras ciudades del país, como es el caso de los observatorios para el desarrollo sostenible de Manizales, sin que la identidad de las costumbres y características propias de Montería pierdan su vigencia. Los observatorios permitirían la gestión urbana local mediante la capacitación de las comunidades y de los diferentes actores sociales a través de la vinculación de las diferentes universidades, con el fin de poner el conocimiento científico y tecnológico al servicio de la comunidad.

## Bibliografía

ALCALDÍA DE MONTERÍA (2002). Plan de Ordenamiento Territorial. Tomos 1 y 2. Montería. 477p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE-CVS) y HERRERA, J. (2004). “Diagnóstico preliminar del sistema de caños y ciénagas asociados al caño La Caimanera”. Montería. 94 p.

\_\_\_\_\_ (2004). “Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del río Sinú”. Montería. 1538p.

\_\_\_\_\_ (2006). “Estudios y diseños hidráulicos de la subcuenca Los Araújos y zona de expansión de la zona sur de Montería, en los barrios Furatena, Nueva Esperanza y Villa Paz”. Montería. 103p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE-CVS & CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS-CORPOCALDAS (2006). “Proyecto de ordenamiento y manejo de las laderas de Sierra Chiquita en el municipio de Montería”. Manizales. 74 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE-CVS & ROBERTSON, K. (2006). “Geomorfología de la cuenca La Caimanera”. Córdoba. 30p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE-CVS & UNIÓN TEMPORAL AMBIENTAL CONSULTORES (2006). “Plan de manejo para la restauración, compensación y recuperación ambiental del sitio donde está ubicado el Basurero de Montería. Montería”. 151 p.

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL SINÚ-ACCIÓN CONTRA EL HAMBRE (1999). Memorias del Encuentro con la otra Montería. Montería. 151 p.

DUQUE, H. (1979). “Major Structural Elements and Evolution of Northwestern Colombia”. En: J. S. Watkins, L. Montadert y P. W.: Dickerson (editors); *Geological and Geophysical investigations of Continental Margins*. American Association Petroleum Geologists. Memoir 29: 329-351. Tulsa

\_\_\_\_\_ (1980). “Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana”. En: *Boletín Geológico Ingeominas*, 23 (3): 4-37. Bogotá.

\_\_\_\_\_ (1984). “Estilo estructural, diapirismo y episodios de acrecimiento del terreno Sinú San Jacinto en el noroccidente de Colombia”. En: *Boletín Geológico Ingeominas*, 27 (2): 1-29. Bogotá.

EXBRAYAT, J. (1996) *Historia de Montería*. Tercera Edición. Montería. 305 p.

FONADE, CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE-CVS & GOBERNACIÓN DE CÓRDOBA (2004). Plan maestro de alcantarillado pluvial del municipio de Montería: estudios y diseños definitivos de construcción, para la

adecuación y amoblamiento urbano de los canales de aguas lluvias de la Avenida Circunvalar entre calles 29 a la 41 y el canal de la calle 41 hasta el Distrito del INAT, y el Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial del Municipio de Montería. 63 p.

IDEAM (1998). Morfodinámica, población y amenazas naturales en el litoral Caribe colombiano. (Valle del Sinú-Morrosquillo-Canal del Dique). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá. 1998. 70p.

INGEOMINAS & CVS. Mapa hidrogeológico de Córdoba a escala 1:250 000. Bogotá. 2004.

OCAMPO, G.I. (1999). *Cuando “Marta” era “Marta”...: la instauración de la hacienda en el Valle del Sinú (Caribe Colombiano), 1881 – 1956*. Medellín: Universidad de Antioquia. 386 p.

PROACTIVA AGUAS DE MONTERÍA S.A E.S.P. (2006). Presentación corporativa. Montería. 9p.

REYES, M. & TORRES, C. (2004). *Diagnóstico minero preliminar, zonificación de amenazas por inundaciones, movimientos en masa y sísmica de la cuenca hidrográfica del río Sinú*. Tesis de Grado para optar al título de Geólogo, Universidad de Caldas. 575 p.

SERVIGENERALES S.A. (2006). Presentación corporativa. Montería. 15p.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. (2006). Análisis para el Plan de Gestión Ambiental del Municipio de Montería 2002 – 2006. Montería. 249 p.

VELÁSQUEZ, L. (2001). “Indicadores de gestión urbana: los observatorios urbano-regionales para el desarrollo sostenible”. En: *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*. CEPAL. 56 p.

# Neiva

Germán A. Reyes Mendoza

## Ubicación y base topográfica



Figura 1. Mapa de localización regional del municipio de Neiva y su área urbana

El municipio de Neiva se localiza al norte del departamento del Huila, y es el único del país enmarcado entre las crestas de las cordilleras Oriental y Central, con una extensión total de 1553 km<sup>2</sup>. El área urbana, de 4461 ha, se encuentra fundada sobre la margen derecha del río Magdalena (figura 1), constituyéndose en la primera urbe importante en el valle alto del eje fluvial de los Andes del norte que irriga a otros 735 municipios de Colombia.

Neiva pertenece a las planchas topográficas 323-IV-A y 323-IV-B, a escala 1:25 000, según la nomenclatura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. Para el año de 1986 la ciudad contó con los primeros planos topográficos detallados, escala 1:2000 (FAL, 1986); posteriormente, desde 1997, los diversos estudios ambientales y de ordenamiento territorial urbanos se han efectuado sobre la base topográfica digital detallada del IGAC (1997), hoy día en actualización catastral. Teniendo en cuenta la riqueza petrolera del Huila, explotada desde 1962 en la antigua Concesión Neiva-540, la evaluación de su potencial hidroeléctrico desde los 70 y la construcción de la central hidroeléctrica de Betania (entre 1981 y 1986), también son disponibles trabajos aerofotogramétricos, geológicos, hidrogeológicos, hidráulicos, entre otros, del norte del departamento y su capital Neiva. En la figura 2 se presenta el plano topográfico de la ciudad.

### Clima y vegetación

En cuanto a precipitación la ciudad cuenta con una amplia serie histórica de más de 70 años, con registros desde el año 1935 en la estación meteorológica aeropuerto Benito Salas, creado por el gobierno de Colombia para servir de escala a los aviones en la guerra con el Perú.

Los análisis mensuales muestran dos periodos de lluvias comprendidos entre los meses de febrero a abril y de octubre a diciembre, con un periodo intermedio seco (entre mayo y septiembre). El mes de agosto es el más seco, registrando en promedio 21,8 mm, y el mes de noviembre es el de mayor precipitación con un promedio de 214,7 mm (Reyes, 2005a). El valor de precipitación medio mensual multianual registrado entre los años 1935 y 2005 es de 1329,5 mm al año; del total anual más del 70% cae durante los seis meses lluviosos.

La temperatura promedio del área urbana de Neiva es de 27,6 °C: noviembre tiene la más baja temperatura promedio (26,7 °C) y septiembre la más alta (28,5 °C).

En general, la clasificación bioclimática de la ciudad puede establecerse así: Bosque Seco Tropical (bs-T) semiárido, según las zonas de vida de Holdridge; Cálido-Semiárido (Csa), conforme al índice fitoclimático de Caldas-Lang; y, de acuerdo con la metodología propuesta por Thornwaite, el clima de Neiva es árido y cálido. En cuanto a unidades de cobertura vegetal ellas se supeditan principalmente a las rondas hídricas (bosques de galería), a ecosistemas aislados (ejemplo: las islas del Magdalena), parques de ciudad, terrazas y planicies. La vegetación, sin inventariar, es arbórea y arbustiva, predominantemente secundaria, y en las dos últimas zonas son típicos los pastizales y arbustos dispersos (sabanas).

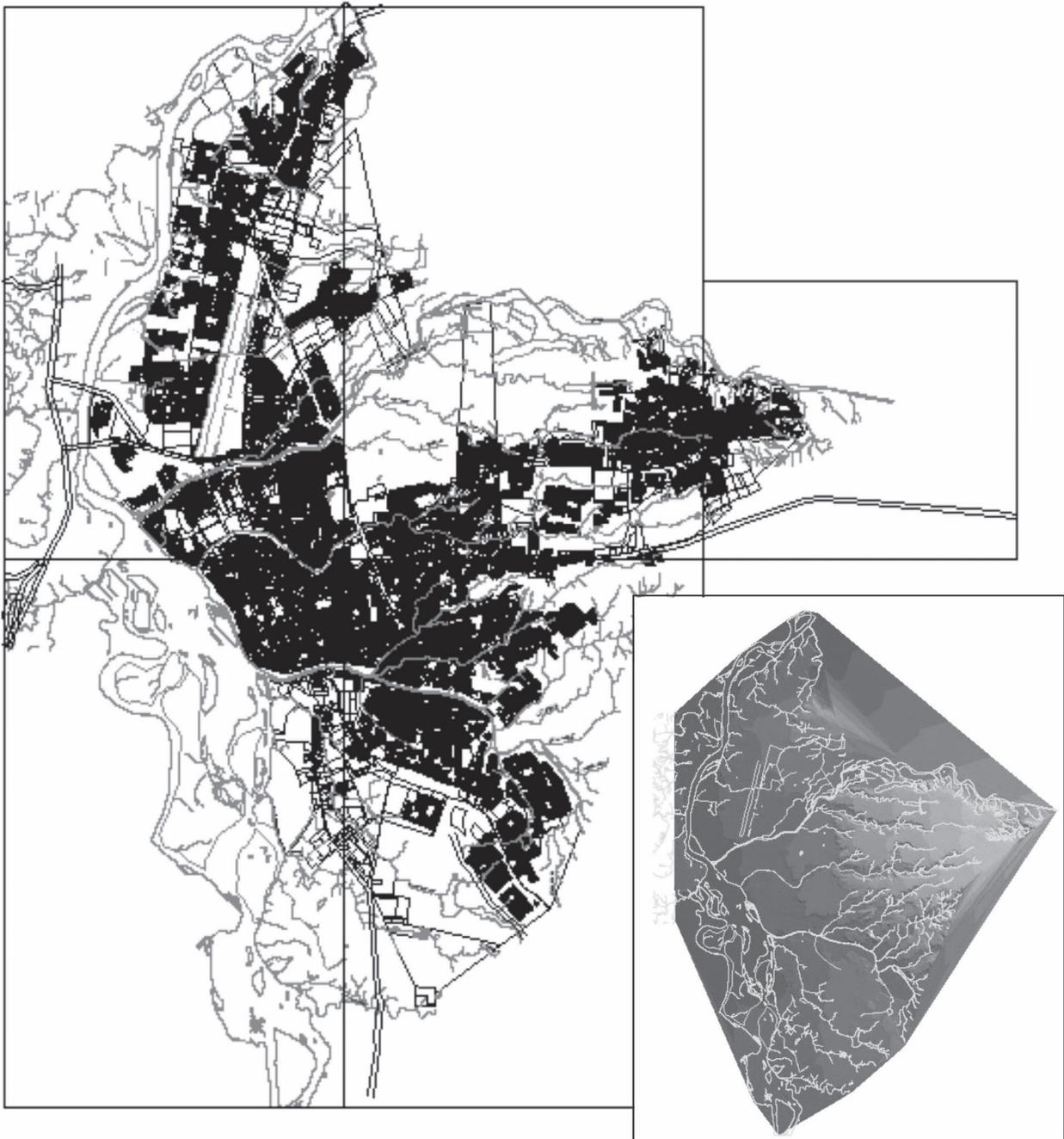


Figura 2. Plano urbanístico de la ciudad de Neiva, mostrando en el recuadro inferior el mapa de sombras (al oriente las mayores alturas urbanas, cercanas a 567 msnm) y la red de drenajes. Tomado de UNC-DG (2006)

## Hidrología e hidrogeología

Neiva posee una oferta hídrica muy significativa que no ha sido comparada con otras ciudades del país, representada por el río Magdalena y sus afluentes de la vertiente oriental, descritos de sur a norte y enumerados consecutivamente en la figura 3: la quebrada Matamundo (2), el río del Oro (3), las quebradas La Torcaza (4), La Cabuya (5), La Toma (6), Avichente (7), La Jabonera (8), el río Las Ceibas (9) y las quebradas Mampuesto (10) y El Venado (11).

El río Magdalena (1 en la figura 3) recorre 15 km del perímetro occidental de Neiva proveniente de la represa de Betania, ubicada desde el antiguo puente Santander a 48,5 km aguas arriba, con un cauce unicanal recto. En el sector comprendido entre la quebrada La Arenosa y el río Las Ceibas se presenta un cambio marcado a un patrón multibrazo (trenzado a anastomosado), integrado por tres brazos principales y una serie de barras laterales y centrales (islas) que constituyen verdaderos ecosistemas urbanos (figura 3). Después el cauce del río Magdalena es unicanal recto con sinuosidad similar al primer tramo (LEH, 2006).

Aprovechando tales características biofísicas la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) ha liderado interinstitucionalmente, desde el año 1999, el proyecto Parque Temático Islas de Aventura, cuya zona focal está constituida por cuatro islas del río Magdalena, con una longitud aproximada de 4,5 km y un área de 168 ha, a saber: La Gaitana, Opia, Playa Ángel y Carpeta.

Por otra parte, el río Las Ceibas es la principal escorrentía de la ciudad, al ser la única fuente de captación y abastecimiento del acueducto municipal, y afronta una problemática particular que se describe más adelante. La totalidad de la cuenca del río Las Ceibas se encuentra en jurisdicción del municipio de Neiva, y representa cerca del 18% de su área total. En el área urbana el río inicia su recorrido de 11 km a partir de la desembocadura de la quebrada La Jabonera, cerca al barrio Las Palmas, siguiendo una trayectoria este-oeste que gira hacia el suroeste (frente a los barrios Villa Cecilia y El Rosal), hasta tributar sus aguas al río Magdalena. En su tramo final el río Las Ceibas ha sido reducido y rectificado por la presión urbanística desde los años 50, interviniendo su cauce trenzado y ocupando diversas terrazas aluviales. Como se observa en la figura 4 la confluencia del río Las Ceibas con el río Magdalena migró 300 m hacia el sur. Hoy día se está gestionando el macroproyecto parque de Ronda del río Las Ceibas que contempla la canalización de 2,2 km, para mitigar inundaciones, rehabilitar áreas de protección ambiental y legalizar predios. La obra se articulará al parque longitudinal del río Magdalena y al proyecto Islas de Aventura para recuperar el espacio público y promover a Neiva como destino turístico.

Finalmente, se señala la quebrada La Toma, que nace en la zona oriental más alta del perímetro urbano de la ciudad, en inmediaciones de la laguna El Curíbano, cuya definición como humedal fue refutada por un estudio ambiental (SGI, 2003) realizado en el marco de dos acciones populares. Posee una dirección este-oeste y un recorrido total de 7 km de los cuales los últimos 2,3 km están canalizados.





Figura 4. Fotografías aéreas multitemporales (arriba año 1957; 1993, abajo) del IGAC que demuestran la ocupación del cauce y terrazas del río Las Ceibas (1) como parte del crecimiento de Neiva (el centro en la esquina inferior derecha). En punteado el canal modificado. 2: Río Magdalena; 3: aeropuerto Benito Salas; 4: puente Santander, acceso urbano desde 1940

El conocimiento hidrogeológico regional tiene su principio en las evaluaciones del Ingeominas (1999) y, en el nivel local, específicamente en el estudio de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de Neiva (SGI, 2000) y en evaluaciones del oriente urbano (SGI, 2003; Estudios Geotécnicos, 2004). Regionalmente los acuíferos son depósitos no consolidados a poco consolidados, con espesores muy grandes como el acuífero Gigante inferior (el más promisorio), de 680 m, y el Honda inferior, de 800 m; las reservas totales fueron calculadas en  $257,064 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>, para un área de 2057 km<sup>2</sup>. Localmente hay dos grupos de unidades hidrogeológicas: sedimentos permeables (representados por la unidad I-1) y rocas permeables (unidades II-1 y II-4). En la primera unidad (I-1) están los depósitos del Cuaternario que conforman acuíferos libres, freáticos o detríticos, cuyas tablas de agua son superficiales y fluctúan estacionalmente; tiene regular porosidad primaria, valores muy bajos de transmisividad (8,4 m<sup>2</sup>/d) y conductividad hidráulica vertical moderada (entre 10,58 y 12,3 m/d). La unidad II-1 se asocia al miembro inferior de la Formación Gigante, que es el acuífero (multicapa) más importante en el norte del Huila: posee buena porosidad primaria que se evidencia en valores muy altos de transmisividad (en promedio 113,7 m<sup>2</sup>/d). En contraste, la suprayacente unidad II-4, o miembro superior de la Formación Gigante, posee propiedades hidráulicas desfavorables para explotación de aguas subterráneas.

### Geología y geomorfología

Ya se mencionó que la industria petrolera marcó el inicio en el estudio de materiales y procesos geológicos en el valle superior del Magdalena. La cartografía geológica comienza en 1982 cuando Kroonenberg & Diederix editan el primer mapa geológico preliminar del sur del Huila, escala 1:100 000. Luego se retoman y complementan trabajos inéditos para elaborar el mapa geológico generalizado del departamento del Huila, escala 1:4000 000 (Ingeominas, 1989; en UNC-DG, 2006). Cinco años después también Ingeominas comienza a realizar la cartografía geológica, a escala 1:100 000, de la mayor parte de los cuadrángulos del Huila, con la publicación de sus respectivas memorias, lo cual promueve el desarrollo de artículos sobre sistemas de fallas y neotectónica regional. Además, teniendo en cuenta la riqueza fosilífera del desierto de la Tatacoa, diversos grupos de investigadores mundiales han efectuado estudios estratigráficos y paleontológicos y existen tesis doctorales sobre la evolución de las unidades sedimentarias y volcánicas de la cuenca de Neiva. Con posterioridad la CAM contrata con la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, la ejecución de estudios de amenazas naturales, regionales a locales, como génesis de la geología urbana en el Huila. Se producen así 49 informes y 175 mapas, estructurados en SIG ArcView, geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, de amenazas y uso potencial del suelo de 33 cabeceras municipales a escalas entre 1:5000 y 1:2500; para Neiva la cartografía se editó a escala 1:12 000 (CAM-Idea/UN, 1999).

Recientemente el municipio de Neiva, y en el marco del proyecto Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN), celebró un convenio con la Universidad Nacional de Colombia (UNC-DG, 2006) para obtener, entre otros productos, el mapa geológico detallado de la ciudad y la zona industrial de Amborco (municipio de Palermo), integrado por cinco planchas escala 1:5000 dentro

de un área total de 70 km<sup>2</sup> (ver figura 5). En el tomo II se analiza la geología estructural y tectónica semiregional del campo cercano (círculo de 50 km de radio a partir de Neiva).

La cuenca de Neiva es una depresión tectónica intermontana con orientación noreste, efecto de la transpresión de los Andes del norte, enmarcada por los sistemas de fallas de Algeciras y Chusma, al este y oeste, respectivamente, con un activo proceso de desarrollo durante el Mioceno y Plioceno, reflejado en la acumulación de sedimentos cercanos a los 2000 m (Guerrero 1993, Van der Wiel 1991, De Freitas & Vallejo 2000, Sarmiento & Rangel 2004: en UNC-DG, 2006). El área constituyó un depocentro para la acumulación sedimentaria del Grupo Honda y del Grupo Huila. Luego sufre un proceso de levantamiento diferencial y las unidades anteriormente mencionadas son parcialmente deformadas dando lugar a plegamientos como el Sinclinal de Neiva, cuyo flanco occidental se reconoce al oeste de Neiva, hacia Amborco. En el campo río Las Ceibas, al noreste de Neiva, la parte basal del Grupo Honda se asienta directamente sobre la Formación Saldaña, relación que se mantiene hacia el desierto de la Tatacoa y Tello. Por lo tanto, para el Mioceno medio se habrían formado parte de las estructuras e iniciado el proceso de subsidencia de la subcuenca de Neiva (UNC-DG, 2006).

La Formación Villavieja (Ngh), unidad superior del Grupo Honda, aflora al occidente de Neiva por la vía al campo Santa Clara, en donde se reconoce un conjunto de arenitas bien seleccionadas, de grano fino con aporte volcánico, e intercalaciones de lodolitas rojizo-café y verde-gris, en ligero contacto discordante con la base del Grupo Huila. El Grupo Huila es una unidad constituida por las formaciones Neiva y Gigante, que en su conjunto afloran en el sector occidental, mientras la parte media y superior de la Formación Gigante forman el sustrato horizontalizado de los depósitos cuaternarios, sobre los que se fundó la ciudad de Neiva y en muchos sectores aflora directamente, al ser degradada por la erosión. La Formación Neiva (Ngn), unidad litoestratigráfica de origen aluvio-volcánico, con alta predominancia de conglomerados clasto-soportados, con imbricación sureste, y algunos paquetes arenosos en capas gruesas, se subdivide a su vez en los segmentos inferior, medio y superior. La Formación Gigante (Nggi), de origen volcánico mayoritariamente, está constituida también por tres conjuntos litológicos: uno volcánico con intercalaciones de conglomerados, uno intermedio de litoarenitas volcánicas y tobas de ceniza muy fina a lapilli y uno superior de conglomerados. Por la vía a San Vicente de Caguán (Caquetá) se reconoce un conjunto potente de gravas gruesas que corresponde a la Formación las Vueltas; en este sector las capas buzan hacia el oeste, indicando el cierre del sinclinal de Neiva.

En cuanto a depósitos cuaternarios éstos se diferenciaron siguiendo criterios geomorfológicos (niveles de terraza) y sedimentológicos (tipo de material y área fuente). El depósito Cuaternario más antiguo es el Abanico de Neiva (Qan), reconocido en el oriente urbano, de hasta 70 m de espesor. Socavando este depósito hay diversos niveles de terraza del río Las Ceibas (Qtc 1 a 3). Al río Magdalena se le reconocieron 4 niveles de terraza (Qtm 470 a 440) y amplios depósitos de llanura aluvial (Qal). El río del Oro y la quebrada el Venado forman otros niveles que fueron generalizados como terrazas de otros drenajes (Qt).



Desde el punto de vista geomorfológico, en el nivel regional, el sector pertenece a la unidad fisiográfica valle del río Magdalena, la cual está subdividida en dos unidades de paisaje, en donde se funda el área urbana de Neiva (Reyes, 2002):

- Unidad valle aluvial. Compuesta por los depósitos recientes asociados al río Magdalena y demás drenajes permanentes que surcan la ciudad; posee morfología predominantemente plana y en ella se manifiesta la dinámica fluvial. En esta unidad, dominada por la agradación sobre la degradación, se alcanzan las cotas topográficas más bajas de Neiva: 420 msnm, en la confluencia del río Magdalena con la quebrada El Venado.
- Unidad de Piedemonte. Localizada sobre el flanco occidental de la cordillera Oriental; está conformada principalmente por rocas del Jurásico y Terciario, suprayacidas localmente por depósitos del Cuaternario, con estructuras geológicas regionales. Son comunes los procesos degradacionales, especialmente los de erosión hídrica, laminar y concentrada, y localmente de remoción en masa.

La unidad de paisaje valle aluvial se subdivide en dos unidades geomorfológicas: unidad aluvial, que abarca los canales activos y aluviones dentro de las denominadas llanuras de inundación, y unidad de terrazas, las cuales están asociadas a los ríos Magdalena, Las Ceibas y del Oro. Esto hace que gran parte de Neiva sea susceptible a inundaciones, principalmente de los ríos Las Ceibas y Magdalena. Las cotas topográficas señalan 430 msnm en la confluencia del río del Oro con el río Magdalena y una altitud de 443,6 msnm en inmediaciones del parque Santander, en el centro de la ciudad. En el nivel de terraza muy baja del río Magdalena, se encuentran los barrios Brisas del Magdalena, Guillermo Plazas Alcid, Rodrigo Lara Bonilla, Villa del Río y El Triángulo; las diferencias de altura de su superficie, respecto al río, oscilan entre 1,5 y 2 m.

Dentro de la unidad de paisaje de Piedemonte se reconocen, en el nivel urbano, la Unidad Vertientes y Escarpes de la Formación Gigante y el Abanico de Neiva. Este último conforma hacia el oriente urbano las diferentes superficies aplanadas más altas de la ciudad, ligeramente inclinadas hacia el occidente y disectadas por valles. Se pueden reconocer tres planicies principales (denominadas norte, central y sur), las cuales se amplían y unen en una sola, más hacia el oriente. Las mayores altitudes del área urbana de Neiva (cercanas a 567 msnm) se alcanzan en esta zona, al oriente del barrio Víctor Félix.

### Amenazas naturales

En general, dentro de Neiva se han identificado y zonificado, preliminarmente y hasta nivel de detalle, las siguientes tipologías y grados de amenazas naturales (Reyes, 2001a, 2001b, 2002, 2003, 2005a y 2005b; Consorcio Bil Ingeniería, 2003; CAM-Idea/UN, 1999; Geoingeniería, 1999), con recursos del municipio de Neiva, la CAM y de particulares: amenaza alta geotécnica; amenaza alta, media y baja por remoción en masa; amenaza por colapso de antiguos socavones de minería; amenaza alta a media por erosión concentrada; amenaza media por erosión fluvial; amenaza alta, media y baja por inundaciones; amenaza alta y media por avenidas torrenciales; y amenaza hidrológica por falta de alcantarillado de aguas lluvias. Trabajos del autor desde el año

2001 han permitido identificar áreas residenciales con amenazas hidrogeológicas. Neiva también posee amenaza sísmica alta.

Los estudios de amenazas urbanas (figura 6) más actuales están a nivel de unidades hidrográficas, con cartografía a escala 1:2000. Los efectuados en la comuna 8, al suroriente de la ciudad, indican que la amenaza alta por remoción en masa se distribuye en el barrio La Cristalina, el asentamiento La Provincia y algunos predios de los barrios San Carlos y Las Américas (Reyes, 2005a y b). En amenaza media se zonificaron un conjunto de siete taludes de corte ubicados en los barrios Ventilador, Alfonso López, Las Américas y Nueva Granada. Además, conforme a los resultados del estudio geotécnico (Reyes, 2005b), se definieron cuatro zonas homogéneas y se demostró que la ladera de fundación del asentamiento La Provincia posee amenaza alta geotécnica, que sumada a la alta vulnerabilidad física de las estructuras está en riesgo alto no mitigable, y se debe priorizar la reubicación total de las 60 familias que lo integran. Se han presentado algunos casos de deslizamientos en taludes adyacentes a la urbanización El Vergel y el asentamiento el Divino Niño. Cabe destacar que la subsidencia es un tipo de remoción en masa presente dentro del área urbana de Neiva: tal es el caso de los asentamientos Villa Magdalena y Oro Negro, en donde existen múltiples explotaciones artesanales (abandonadas) de oro aluvial, con amenaza por colapso de socavones de antigua minería.

Los fenómenos de erosión hídrica concentrada ocurren principalmente en los barrios Antonio Galindo, Darío Echandía, Los Libertadores, Oro Negro, La Amistad, Las Palmas, Neivaya, San Bernardo, San Bernardo del Viento, Miraflores, Calle Real, Las Acacias, Villa Amarilla, Las Brisas, La Independencia, 7 de Agosto, La Orquídea, Villa Milena, El Jardín, Villa Magdalena, San Antonio, Los Parques, Rafael Uribe, bajo Pedregal, Las Américas, Nueva Granada, San Carlos, Simón Bolívar, La Florida, Ventilador y San Martín. Los barrios con amenaza por erosión fluvial, presente en los orillales y bordes de las terrazas adyacentes al río Las Ceibas, son: Miraflores, San Bernardo, Bajo Tenerife, José Eustasio Rivera, Villa Patricia, Alvaro Sánchez Silva y Las Delicias.

Debido a la fundación y consolidación de la ciudad a orillas de corrientes permanentes y sobre las unidades geomorfológicas descritas anteriormente, en Neiva se presentan distintos grados de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales, especialmente asociadas a los ríos Magdalena y Las Ceibas. Las unidades identificadas como llanuras de inundación corresponden directamente a zonas de amenaza alta por inundación, para periodos de retorno (Tr) bajos, mientras que las terrazas medias representan zonas de amenaza media.

Respecto a las terrazas asociadas al río Las Ceibas merece señalar el nivel de terraza muy baja, ampliamente distribuido sobre la margen derecha, que inicia frente a Villa Cecilia y El Rosal y extendiéndose hasta el puente de la carrera quinta, en donde se encuentran los barrios Gualanday, Villa Milena, Molinos, los Andes, Cábulo, Santa Lucía, sector suroriental de Las Granjas, y los asentamientos Álvaro Sánchez Silva y Aeropuerto, entre otros (Reyes, 2002). Este sector corresponde a la zona en donde el flujo del río Las Ceibas cambia bruscamente de dirección, conformando amplias zonas de depositación

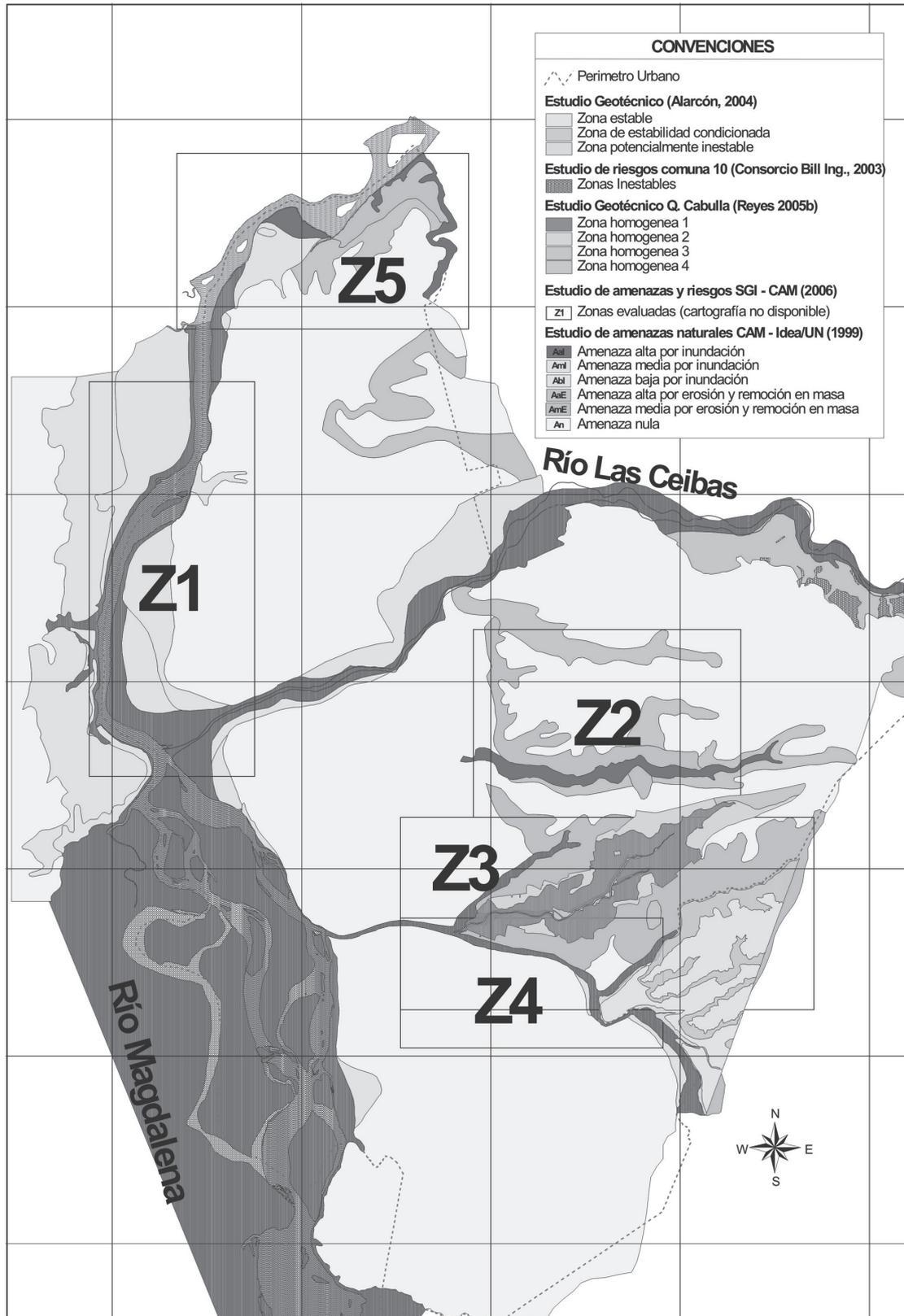


Figura 6. Síntesis de estudios de amenazas naturales recientes de Neiva, que están siendo incorporados en los ajustes urbanos del POT, como complemento a la zonificación de amenazas elaborada por la CAM-Idea/UN (1999)

y desde donde puede desbordarse e inundar el tramo final. En la comuna 10 se encuentran en amenaza alta por inundación del río Las Ceibas los barrios las Granjas de San Bernardo, San Bernardo del Viento, Camelias y Palmas III (Consorcio Bil Ingeniería, 2003). En amenaza alta por inundación asociada a la quebrada La Cabuya, en el sector suroriental de Neiva, están 55 predios de los barrios San Martín, Ventilador, Alfonso López y San Carlos III (Reyes, 2005a).

En el nivel local el río Las Ceibas ha registrado históricamente más de 25 avenidas torrenciales en los últimos 36 años, entre las cuales sobresalen las siguientes: 23 de marzo de 1989, diciembre de 1995, 26 de diciembre de 1999 y 29 de diciembre de 2004 (Reyes et al., 2005). En la última de ellas, debido a precipitaciones ocurridas en la parte alta del río Las Ceibas el 28 de diciembre de 2004, con un máximo registrado de 123 mm, se detonaron al día siguiente más de 340 deslizamientos y flujos que afectaron principalmente a predios de cerca de 70 familias, con la destrucción de viviendas y enseres, pérdidas en cultivos, animales, acueductos familiares y veredales, subestaciones eléctricas, centros docentes, principalmente de las veredas La Plata, Alto Motilón, Motilón, Pueblo Nuevo, Las Nubes y Tuquila del corregimiento Río Las Ceibas del municipio de Neiva, así como la destrucción de 15 km de la vía Neiva a San Vicente del Caguán (Caquetá). En Neiva se dio la alarma por la creciente generada y se suspendió, por varios días, el suministro de agua potable ante los daños presentados en la captación El Guayabo del acueducto municipal. Debido a ello, y en el marco de un convenio interadministrativo, se priorizó el proceso de ordenación y manejo de la cuenca del río Las Ceibas, en el cual se contempla el tema de gestión del riesgo.

Para la zonificación de inundaciones del río Magdalena se han retomado las líneas de borde de crecientes, para distintos períodos de retorno, obtenidas del estudio realizado para la CHB (Geoingeniería, 1999). Estas zonas de inundación fueron adoptadas en el estudio CAM-Idea/UN (1999) e incorporadas en el POT de Neiva. Además, se presenta amenaza alta por inundación, en los barrios ubicados en el nivel T4m, debida a remansos hidráulicos cada vez que se presenten crecientes en el río Magdalena, aunque no sea una creciente extrema en el río Las Ceibas, o siempre que ellos estén simultáneamente crecidos (Reyes, 2002).

Una subcategoría de amenaza por inundaciones es la debida a condiciones impuestas por la hidrología urbana, debido a la falta de cobertura y mantenimiento del sistema de alcantarillado municipal (que es combinado) se presentan inundaciones lentas superficiales y reflujos temporales durante precipitaciones intensas. En dicha categoría están el conjunto Bosque de Tamarindos, los barrios Las Granjas, El Cortijo, Las Mercedes, Cándido, Santa Inés, California, Obrero, Buenavista, Jorge Eliécer Gaitán, Las Palmas, Los Arrayanes y Panorama.

En cuanto a amenazas hidrogeológicas debe considerarse que las unidades litológicas del oriente de la ciudad de Neiva constituyen acuíferos libres a los que se relacionan nacederos naturales con fuerte influencia de recargas de origen antrópico. Los afloramientos de agua subterránea han sido identi-

ficados (como zonas húmedas, líneas de manantiales o nacederos), pero no zonificados, en el sector La Española del barrio El Vergel, y han sido objeto de acciones populares.

Por último, todo el departamento del Huila, incluyendo Neiva, se encuentra ubicado en una zona de amenaza sísmica alta de acuerdo con el Estudio general de amenaza sísmica de Colombia, elaborado por el Comité AIS 300–Amenaza Sísmica y adoptado mediante la Ley 400 de 1997. Las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, más conocidas como NSR-98 (Decreto 33 de 1998 y demás decretos concordantes), definen para el municipio de Neiva que los coeficientes Aa y Ad son 0,30g y 0,04g, respectivamente.

### Algunos aspectos socioeconómicos

De acuerdo con las cifras oficiales del DANE, basadas en el censo de 2005, los datos de población total del municipio de Neiva son 367 811 habitantes, de los cuales el 93,67% es población urbana. La tasa de crecimiento anual promedio llega a 2,5%. Por sexo, 52% son mujeres y 48% hombres; mientras que la densidad poblacional es de 15,43 habitantes por kilómetro cuadrado en la zona rural y 7490 habitantes por kilómetro cuadrado en la zona urbana. Las personas menores de 25 años constituyen la población joven del municipio de Neiva y representan el 62%; los adultos entre 25 y 60 años corresponden al 35% de la población y el 3% restante son adultos mayores de 60 años. El 26,2% de la población vive en condiciones de pobreza, de los cuales, el 8,7% viven en condiciones de miseria.

Como actividades del sector primario están la agricultura tecnificada, en medianas y grandes extensiones, para cultivos de arroz, algodón, sorgo y tabaco principalmente; y producción en minifundio de café, frutales, cacao y pancoger, explotaciones ganaderas, avícolas y porcícolas. La explotación de hidrocarburos es muy importante para la entidad territorial por la generación de regalías (que asciende en el 2006 a \$18 000 millones de pesos) y la demanda de bienes y servicios que hacen las empresas del sector.

Neiva cuenta, en actividades del sector secundario, con una base industrial pequeña enfocada a la producción de bebidas y alimentos para satisfacer la demanda regional que incluye el propio departamento del Huila, Putumayo y Caquetá. Las actividades del sector terciario (banca, los servicios y el comercio) predominan sobre el resto de la economía municipal.

En cuanto a servicios de la salud tiene 36 centros de atención a la comunidad diseminados en toda la ciudad, y cuenta con un hospital de carácter universitario; la hotelería con 49 hoteles, hostales y hospedajes; la banca con 18 puntos de servicios estratégicamente dispuestos en la zona central de la ciudad. Neiva posee más de 231 establecimientos de enseñanza, primaria, secundaria, técnica y universitaria, de carácter oficial del orden nacional, departamental y municipal, 119 de ellos privados, y 8 universidades. La ciudad de Neiva cuenta con 72 340 domicilios, de los cuales 68 150 están estratificados como inmuebles residenciales y el resto se encuentran sin estratificar o

tienen uso no residencial. Los estratos 1, 2 y 3 representan el 90% del total de suscriptores residenciales. El estrato 4 equivale al 8.9% y los estratos 5 y 6 tan sólo son el 1,1% del total.

Según Ortiz (2000) y Moreno (2004) en el relleno Los Ángeles, ubicado en la vereda la Jagua, se hace disposición final de aproximadamente 312 000 toneladas anuales de residuos sólidos de la ciudad y los corregimientos de Fortalecillas y El Caguán. El relleno sanitario empezó a funcionar el 1 de julio de 1998, con un área útil de 125 ha de las cuales menos de 20 ha han sido ocupadas. En la ciudad no existen plantas de tratamiento de aguas residuales, pero se tienen proyectadas dos: una detrás de Coca-Cola y la otra en la parte baja de la quebrada El Venado.

## Conclusiones y recomendaciones

Hoy día la ciudad de Neiva tiene un destacado desarrollo urbano como resultado de esfuerzos entre gobernantes, instituciones y la sociedad opita en general, que la ha convertido en una urbe mediana, moderna y acogedora. Además de los últimos planes de desarrollo cabe destacar los planes de ordenamiento territorial, municipal y departamental, que han demostrado que para invertir hay que diagnosticar, es decir, conocer con profundidad y de primera mano las características biofísicas del entorno y los deseos de sus moradores.

Es a partir de la última década, con la ejecución de los primeros estudios ambientales urbanos (Consortio Escosin– MUR Proyectos, 1996), la formulación y adopción del POT de Neiva a finales del año 2000, y especialmente su implementación en el primer periodo (2001-2005), en la cual se han brindado importantes contribuciones de las geociencias, que la ciudad ha comenzado a replantearse en forma integral. No obstante, la problemática es amplia y los desafíos son cautivadores.

Para convertir a Neiva en digna corona del río Magdalena y futuro turístico nacional se requerirán nuevos estudios y de la programación concertada de acciones intersectoriales y cuantiosas inversiones específicas para el monitoreo de los recursos ambientales, la recuperación de las áreas de protección definidas (especialmente las rondas hídricas y las zonas de taludes), así como de la continuación en la adopción de medidas de mitigación de riesgos, algunas de las cuales ya han sido descritas anteriormente.

## Bibliografía

CONSORCIO BIL INGENIERÍA (2003). Valoración ambiental-geotécnica de la comuna 10 de la ciudad de Neiva. Informe final. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Neiva, octubre de 2003, 110 p.

CONSORCIO ESCOSIN LTDA.-MUR PROYECTOS LTDA. (1996). Agenda ambiental municipal de Neiva-Área urbana. Informe final. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Neiva, 1996, 309 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA (CAM)-INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEA) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN (1999). Evaluación de las amenazas potenciales de origen

geológico (actividad sísmica y volcánica), geomorfológico (remociones en masa y erosión) e hidrometeorológico (dinámica fluvial, inundaciones y sequías), y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del departamento del Huila. Tomo IV: Nivel Urbano, municipio de Neiva. Neiva, septiembre de 1999, 115 p.

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS LTDA. (2004). Evaluación y caracterización del impacto ambiental y plan de manejo ambiental para la zona hídrica M-55. Informe final. Constructora Santa Lucía Ltda. Neiva, enero de 2004.

FOTOGRAMETRÍA ANALÍTICA FAL LTDA. (1986). Plano aerofotogramétrico de la ciudad de Neiva (46 planchas a escala 1:2.000). Plan maestro de alcantarillado de Neiva. Bosco H. Chicaiza R.–Empresas Públicas de Neiva. Bogotá, febrero de 1986.

GEOINGENIERÍA LTDA. (1999). Mapas de amenaza por inundaciones del río Magdalena, sector embalse de Betania-desembocadura del río Saldaña. Planchas MASEB 04, 05 y 06, a escala 1:10.000, escenarios considerando la operación de la Central Hidroeléctrica de Betania y la no existencia del embalse de Betania. Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (DNPAD)-Central Hidroeléctrica de Betania (CHB) S.A. E.S.P. Santafé de Bogotá.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI-IGAC (1997). Plano digital de la ciudad de Neiva (52 hojas a escala 1:2.000). Trabajo efectuado para el Municipio de Neiva. Santafé de Bogotá, agosto de 1997.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA- INGEOMINAS (1999). Estudio hidrogeológico y plan de manejo del agua subterránea en el sector nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila. Informe final. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Santafé de Bogotá, febrero de 1999, 260 p.

KROONENBERG, S. Y DIEDERIX, H. (1982). *Geology of South-Central Huila, upper-most Magdalena Valley, Colombia. A preliminary note*. Guide Book 21th Annual Field Trip Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists. Geotec Ltd., Bogotá. 39 pp.

LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRÁULICOS-LEH, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ (2006). Análisis de la estabilidad de las islas ubicadas en el río Magdalena frente a la ciudad de Neiva. Informe final GH-001. Gobernación del Huila, Bogotá D.C., abril de 2006, 141 p.

MORENO R, C. (2004). Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del municipio de Neiva. Informe Final. Empresas Públicas de Neiva. Neiva, agosto de 2004, 246 p.

ORTIZ P, N.H. (2000). Proyecto identificación, adecuación, manejo y operación de escombreras en el municipio de Neiva (huila). Informe final. Alcaldía de Neiva. Neiva, agosto de 2000, 159 p.

REYES M, G. A. (2001a). “Atención y prevención de desastres”. En: *Separata Tucam, Diario del Huila*. Neiva, 30 de noviembre de 2001, 8 p.

\_\_\_\_\_ (2001b). “Gestión ambiental en el alto Magdalena en geociencias y prevención de desastres”. En: II Encuentro de Corporaciones Autónomas Regionales sobre Temas Geoambientales. Manizales, agosto de 2001, 12 p.

\_\_\_\_\_ (2002). “Problemas geomorfológicos en áreas urbanas del valle alto del río Magdalena: Estudio de caso de Neiva, Huila (Colombia)”. En: Memorias del Simposio Latinoamericano Control de Erosión 2002. Bucaramanga, marzo de 2002, 7 p.

\_\_\_\_\_ (2003). “Diagnóstico ambiental del área urbana de Neiva, Huila (Colombia), basado en consideraciones físicas del territorio y gestión de riesgos”. En: Memorias del IX Congreso Colombiano de Geología - III Encuentro de Corporaciones Autónomas Regionales sobre temas geoambientales. Medellín, agosto de 2003, 2 p.

\_\_\_\_\_ (2005a). Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de la microcuenca hidrográfica de la quebrada La Cabuya de la ciudad de Neiva (Huila). Informe final. Emvi-neiva en Liquidación. Neiva, septiembre de 2005, 114 p.

\_\_\_\_\_ (2005b). Estudio geotécnico de la microcuenca de la quebrada La Cabulla, Neiva (Huila). Informe final. Alcaldía de Neiva, Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Neiva, agosto de 2005, 82 p.

REYES M, G. A., CAMARGO P, J. A., ANGARITA P, F. Y RUBIO L, C. A. (2005). Informe final de las visitas de emergencia por deslizamientos y crecientes en la parte alta de la cuenca del río Las Ceibas, municipio de Neiva (Huila), ocurridos el 28 y 29 de diciembre de 2004. Versión 2.0. Comisión técnica para la atención de la emergencia, Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastres del Huila (CREPADH). Neiva, enero de 2005, 39 p.

REYES-MENDOZA, G. A. (2005a). “Gestión técnico-administrativa y retos de los proyectos de microzonificación sísmica de ciudades intermedias de Colombia”. En: IV Coloquio sobre Microzonificación Sísmica. Barquisimeto (Venezuela), noviembre de 2005, 5 p.

\_\_\_\_\_ (2005b). “Caracterización preliminar de fuentes sismogénicas aplicada a proyectos de microzonificación sísmica: Resultados regionales e implicaciones locales para la ciudad de Neiva, Huila (Colombia)”. Poster presentado en el IV Coloquio sobre Microzonificación Sísmica. Barquisimeto (Venezuela), noviembre de 2005, 5 p.

SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS SGI LTDA. (2003). Valoración ambiental del oriente urbano de la ciudad de Neiva. Parte 2, sección 1, capítulo 5 hidrogeología. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Neiva, junio de 2003, 35 p.

\_\_\_\_\_ (2000). Estudio de evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos que subyacen a la ciudad de Neiva y su área de influencia para la posterior implementación del estudio de modelación hidrogeológica del área. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Neiva.

UNC-DG, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE CIENCIAS - DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS (2006). Metas I y II de la Fase I del proyecto Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN). Tomo I: Geología local. Alcaldía de Neiva, Dirección Administrativa de Emergencias y Desastres. Santafé de Bogotá, junio de 2006, 40 p.



# Pasto

Marta Calvache Velasco

## Localización

El municipio de Pasto se encuentra localizado al oriente del departamento de Nariño, en el extremo suroccidental de Colombia (figura 1). Limita al norte con los municipios de La Florida, Chachaguí y Buesaco; al sur con los municipios de Tangua, Funes y el departamento del Putumayo; al oriente con el departamento del Putumayo y al occidente con los municipios de Tangua, Consacá y La Florida.

Está comprendido entre las siguientes coordenadas geográficas: latitud: 1° 21' 53" N (confluencia quebrada La Honda con el río Pasto) y 0° 48' 45" N (confluencia río Patascoy con el río Guamués). Longitud: 77° 02' 12" W (cerro Patascoy) y 77° 21' 44" W (volcán Galeras). Su extensión territorial es de 112 840 hectáreas.

El relieve del territorio municipal es variado; presenta terrenos montañosos, ondulados y planos. Al noroeste de la ciudad se encuentra el volcán Galeras; al sureste la laguna de La Cocha o Guamez a 3100 metros sobre el nivel del mar; otros accidentes orográficos son: los cerros Campanero, Caballo Rucio, Bordoncillo, Morasurco y Patascoy. Lo riegan los ríos Los Alisales, Bobo o Jurado, Estero, Guamués, Juanambú, Opongoy, Pasto y Patascoy. La humedad promedio anual oscila entre el 75 y 80%.

## Climatología

### Clima

El clima predominante en Pasto es frío, con variaciones de temperatura entre 7 y 15°C, y una temperatura media de 14°C. En el municipio se han definido los siguientes cuatro pisos térmicos (Alcaldía de Pasto, 1999):

**Páramo.** Localizado en alturas entre 3400 y 4200 metros sobre el nivel del mar–msnm, está presente en el páramo de Bordoncillo, cerro Morasurco, páramo del raile, cuchilla El Támano, páramo de Las Ovejas, páramo de la Piscicultura, cerro Alcalde, cerro Patascoy y volcán Galeras. Representa un 9% (10 156 hectáreas) del área total del municipio.

**Muy frío.** Con alturas comprendidas entre los 3000 y 3400 msnm. Comprende las zonas de pie de monte como las veredas de Casanare, San Antonio de Acuyuyo, Río Bobo, Cubiján, Gualmatán, El Carmen, Las Encinas, El Barbero, San Cayetano, Los Lirios, Bellavista y Campoalegre, entre otras. Se encuentra en el 29% (32 724 hectáreas) del territorio municipal.

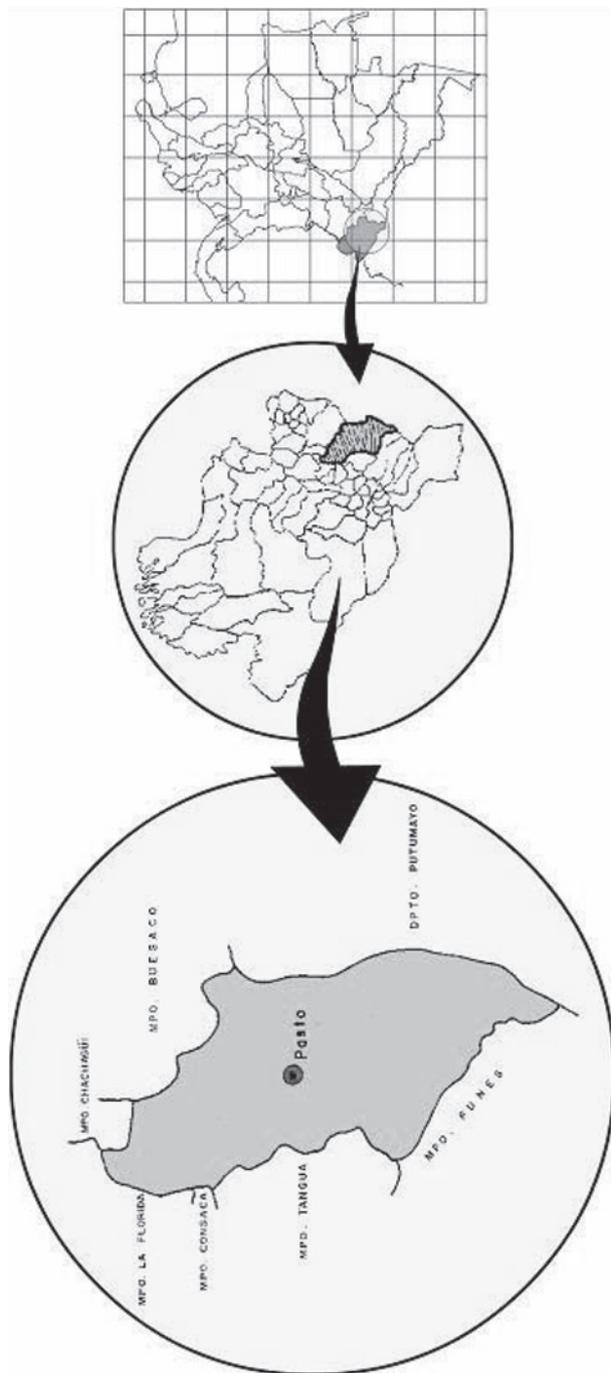


Figura 1. Localización del municipio de Pasto

Frío. Con alturas promedio de 2200 y 3000 msnm. Es el más representativo en el municipio con el 56% (63 190 hectáreas) del territorio.

Medio. Se ubica al noroccidente de Pasto en los corregimientos de Nariño y La Caldera, con alturas menores a los 2200 msnm y representa un 6% (6770 hectáreas) del total del territorio.

#### Precipitación

En la mayor parte del área del municipio de Pasto, el régimen de lluvias es bimodal, es decir con dos períodos de lluvias altas: de marzo a mayo y de octubre a enero, y dos períodos secos. El corregimiento de El Encano y la zona de Los Alisales en el corregimiento de Santa Bárbara, están bajo la influencia del régimen amazónico que es monomodal, con un período de invierno comprendido entre los meses de abril a agosto, y un período seco de septiembre a marzo, siendo los meses más lluviosos mayo, junio y julio y el más seco, septiembre.

Cálculos realizados por la Corporación Autónoma Regional de Nariño–Corponariño (1995), señalan que para la ciudad de Pasto el promedio de precipitación anual es de 600 mm. El mismo estudio indica que la pérdida de precipitación por la deforestación del bosque de niebla es de un 30 a 40%. Según la clasificación de Holdridge, Pasto pertenece a la formación vegetal bosque seco-Montano Bajo (bs-MB) (Espinal et al., 1977).

#### Humedad relativa

La humedad del municipio de Pasto recibe la influencia de los vientos alisios que corren hacia el noroeste, llevando la nubosidad hacia los relieves andinos cordilleranos, y de corrientes de aire típicas como la diurna de mar a tierra y atípicas como los fenómenos denominados del Pacífico (El Niño y La Niña).

Los valores medios mensuales de humedad relativa durante los años 1956 a 1993 presentan dos períodos de mayor humedad, reportando la estación de Obonuco los siguientes valores: en los meses de marzo 78%, abril 79% y mayo 77% y un segundo período en los meses de noviembre a diciembre con un promedio de 80%. En el período comprendido entre 1989-1998, se registró un valor medio anual de 79%, un máximo de 90% en enero y un mínimo de 68% en septiembre.

Cíclicamente se presentan ascensos y descensos de la humedad y los promedios son cada vez menores, en ciertas épocas como el mes de septiembre llegan a valores medios mínimos de 54% (Alcaldía de Pasto, 1999).

#### Hidrografía

La red hidrográfica de San Juan de Pasto pertenece a la cuenca del río Pasto, localizada en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes colombianos. Esta corriente es afluente del río Juanambú que hace parte de la gran cuenca del río Patía, perteneciente a la vertiente del océano Pacífico.

En la jurisdicción del municipio de Pasto la cuenca posee una superficie de 34 024 hectáreas; en ella se encuentran los corregimientos de La Laguna, Buesaquillo, Morasurco, Mapachico, Obonuco, Genoy, Nariño, La Caldera y parte de Catambuco.

El área de la cuenca media del río Pasto es de 15 900 hectáreas. El balance hídrico realizado por el método de Thornthwaite en el mismo estudio, utilizando los datos de la estación Obonuco, indica que en todos los meses del año se presenta déficit hídrico, los meses más críticos son julio, agosto y septiembre, con un ligero exceso únicamente en el mes de noviembre (Alcaldía de Pasto, 1998).

La cuenca del río Pasto ha sido dividida en cuatro subcuencas así:

- Cuenca superior. Abarca un área de 6910 hectáreas. En el sitio El Centenario se capta el agua para abastecer al 84% de la ciudad.
- Subcuenca media. Está conformada por las fuentes que abastecen a los corregimientos de Genoy, Nariño y Caldera con 11 050 hectáreas, dentro de la jurisdicción del municipio de Pasto. Las principales corrientes son el río Bermúdez y las quebradas Chorrillo, Honda y El Vergel.
- Río Miraflores o Chapal, comprende un área de 7 077 hectáreas; recibe las quebradas Turupamba, Aserradora, Santa Isabel, Catambuco, Botana, Guachucal, La Berbena, Cubiján y otras.
- Río Pasto, zona urbana. Tiene un área de 8987 hectáreas; los principales afluentes son las quebradas San Miguel, Mijitayo, Los Chilcos y Los Álamos. De la quebrada Mijitayo se capta el agua que abastece al 16% del acueducto de la ciudad.

#### Hidrografía urbana y rellenos antrópicos

Al norte del río Pasto se encuentra la zona urbanizada de Aranda, donde se localizan las quebradas Aranda y Gallinacera; la primera fluye por su cauce natural y la segunda es conducida en tubería de 75 cm de diámetro. Los barrios La Florida, La Carolina y Villa Recreo están circundados por dos corrientes de poca longitud que no han sido intervenidas (figura 2).

Las quebradas localizadas al sur del río Pasto tienen poca extensión y pendientes que varían entre el 5% y 8% hasta la cota 2550 desde donde la pendiente se suaviza; las localizadas al norte son más cortas y de mayor pendiente.

Al sur del río Pasto, de oriente a occidente, está inicialmente la quebrada Membrillo, Guaico o El Buitre que bordea el costado noreste del sector de Jamondino; ésta ha sido canalizada desde el barrio La Victoria, rellenándose su antiguo cauce donde ahora se encuentran dos zonas deportivas y el supermercado Comfamiliar del barrio Lorenzo de Aldana. Tiene un valle profundo, hasta aproximadamente 150 m antes de unirse con la quebrada La Berbena, la cual bordea el sector de Jamondino por el costado suroeste.

La quebrada La Berbena tiene un valle menos profundo que la quebrada Membrillo; es conducida en tubería de 60 cm a partir del barrio La Minga. En la margen derecha están ubicados los barrios 12 de Octubre, Puertas del Sol, Lorenzo de Aldana, Los Eliseos y El Recuerdo, y en la margen izquierda están La Minga, Cantarana, Madrigal, Venecia, Salomón y el colegio Ciudad de Pasto. En las fotografías aéreas de 1949 se observa que el cauce seguía por la carrera 3ª entre diagonal 13 y calle 16, siguiendo la avenida Idema hasta la avenida Chile y luego hacia el norte por el barrio El Recuerdo y el batallón Boyacá hasta desembocar en el río Chapal. Según información suministrada en la oficina de Planeación Municipal, se está construyendo un polideportivo sobre la zona que está siendo rellenada actualmente.

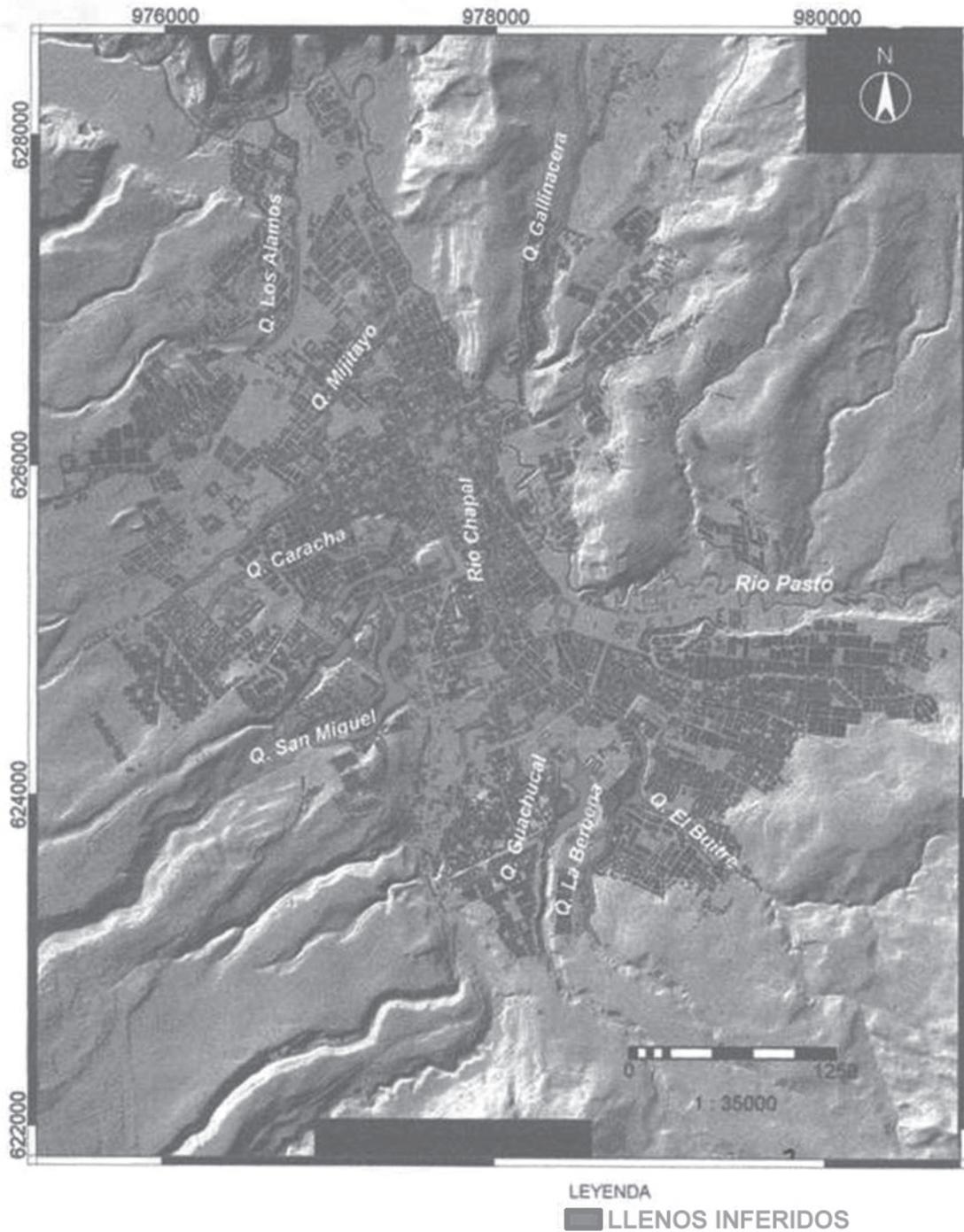


Figura 2. Llenos antrópicos inferidos, con base en la fotointerpretación multitemporal de fotografías aéreas de la ciudad de San Juan de Pasto y sus alrededores. Tomada de Ingeominas, 2003. Evaluación de los efectos actuales de subsidencia y colapsos por actividades de aprovechamiento subterráneo de recursos minerales en la ciudad de San Juan de Pasto

La quebrada Guachucal está separada de la quebrada La Berbena por una colina de poca elevación y fluye casi paralela a la misma. Sobre el antiguo cauce, entre la carrera 4 y la avenida Idema, están ubicados los barrios Santa Clara, Emilio Botero y Venecia y el mercado El Potrerillo.

Al río Chapal desembocan por la margen izquierda las quebradas Chapal y Miraflores, las cuales bordean la base militar de Chapalito. El río conserva su cauce natural hasta el estadio La Libertad, desde donde es conducido en canal abierto por la avenida Chile y la carrera 9 hasta la calle 22. El cauce estaba localizado donde se han construido los barrios Las Lunas, Las Violetas, Fátima, Alhambra, Navarrete y El Prado, hasta el sector de Dos Puentes donde se unía con el río Pasto.

La quebrada San Miguel fluye casi paralela al río Chapal hasta la avenida Panamericana, donde están ubicados los barrios Nueva Colombia y Prados de Niza. Después de la Panamericana su cauce pasaba por el barrio San Miguel. Entre la avenida Boyacá y la calle 14 y entre carreras 17 y 20 existía una zona de humedal en el barrio Medardo Bucheli, a partir de la cual la quebrada seguía bordeando la colina de la Universidad CESMAG y pasaba por el interior de varios terrenos urbanizados, hasta la calle 20 donde se unía con el río Chapal. Actualmente es conducida en tubería desde la calle 1C, por las carreras 13B y 14 y en un *box culvert* de 1,3 x 1 m, por la avenida Julián Bucheli,

La quebrada Caracha bordeaba el perímetro urbano existente en 1949, en la actual carrera 22, y la colina del CESMAG por el costado noroccidental hasta la calle 17. Llegaban a ella afluentes de poca longitud que transcurrían por donde hoy se encuentran los barrios Villa Lucía, Los Balcones, Casabella y Los Álamos.

La quebrada Mijitayo fue utilizada como fuente de abastecimiento de agua desde el siglo XVIII y desde esa época su caudal fue transportado en canal abierto por el centro de la actual avenida Mijitayo hasta la calle 11 y desde ahí por el centro de otras vías; a partir de la calle 16B, pasaba por donde se localizan los edificios del Instituto de Seguro Social, la Federación de Cafeteros y el convento Maridiaz; luego recorría un tramo de la avenida Los Estudiantes hasta desembocar en el río Pasto a la altura de la calle 35, junto a Cedonar. Actualmente es conducida como parte de la red de alcantarillado por la avenida Mijitayo y la carrera 32 hasta desembocar en el río Pasto.

El cauce de la quebrada Los Álamos estaba localizado en los actuales centros de vía de los barrios Vivienda Cristiana, Mary Luz, Villas de San Rafael, Las Margaritas, urbanización Colpatria y Prados del Oriente. Pasa por zonas urbanizadas de los barrios Santana, Manaca y Valle de Atriz, conducida en tubería de 24 pulgadas; a partir de la calle 19, hasta su desembocadura en el río Pasto, conserva el cauce natural.

La quebrada Los Chilcos mantiene su cauce natural hasta llegar a la zona urbana; desde allí es conducida en tubería de 24 pulgadas por la urbanización Universitaria, las instalaciones de Metálicas Modernas y del club de tenis. En la margen derecha del antiguo cauce se encuentran actualmente los barrios Remanso del Norte y Miravalle y en la margen izquierda Altos de la Colina, Quintas de San Pedro y Altavista; después de estos barrios el cauce cruzaba la calle 18 y continuaba hacia el norte, hasta llegar al río Pasto.

### Análisis multitemporal de los cauces

Dentro del perímetro urbano de Pasto, todas las corrientes hídricas han sido intervenidas y actualmente son conducidas por tuberías, *box culverts* o canales abiertos. Sobre algunos cauces antiguos se han construido vías y sobre otros se han establecido edificaciones; las zonas de relleno relacionadas con estos cauces son señaladas en la figura 2 como llenos antrópicos.

### Caracterización geomorfológica

El mapa de unidades geomorfológicas (figura 3, Ingeominas, 2003) se basa en la agrupación de las diferentes formas de la superficie del terreno dentro de una variedad de categorías basadas en la similitud de las características del terreno. Las principales unidades geomorfológicas y su origen, identificadas en la ciudad se enumeran en la tabla 1.

Las geoformas reconocidas corresponden principalmente a modelados de origen volcánico, denudacional, fluvial y antropogénico.

Tabla 1. Unidades geomorfológicas, diferenciadas a partir de su origen, identificadas en el área de la ciudad de San Juan de Pasto

ORIGEN	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
	Lomas aisladas (D1) Cimas de lomas aisladas (D2) Escarpe de movimiento en masa (D3) Depósito de movimiento en masa sin infraestructura (D4) Depósito de movimiento en masa con infraestructura (D5) Depósitos de ladera sin infraestructura (D6) Depósitos de ladera con infraestructura (D7) Lomos subhorizontales (D8) Flujos de detritos antiguos (D9) Escarpes en lavas (D10) Laderas de disección fluvial (D11) Escarpes en flujos de piroclastos (D12)
FLUVIAL Erosión fluvial & sedimentación	Lecho actual del río Pasto (F1) Abanico aluvial (F2) Depósitos hidroclásticos de ladera con infraestructura (F3) Depósitos hidroclásticos de ladera sin infraestructura (F4) Terrazas altas con infraestructura (F5) Terrazas altas sin infraestructura (F6) Terrazas bajas con infraestructura (F7) Terrazas bajas sin infraestructura (F8) Depósitos coluvio-aluviales sin infraestructura (F9) Depósitos coluvio-aluviales con infraestructura (F10) Escarpes de terraza (F11) Depósitos de flujos complejos (F12)

ORIGEN	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
LACUSTRE Erosión lagunar & sedimentación	Depósitos paludales (L1)
VOLCÁNICO Actividad volcánica	Mesas levemente inclinadas cubiertas con flujos piroclásticos (V1) Laderas empinadas en lavas (V2) Laderas empinadas en flujos piroclásticos (V3) Laderas moderadas en flujos piroclásticos (V4) Laderas moderadas en lavas (V5) Laderas moderadas en piroclastos de caída (V6) Laderas poco inclinadas en piroclastos sin infraestructura (V7) Laderas poco inclinadas en piroclastos con infraestructura (V8) Laderas poco inclinadas en flujos piroclásticos sin infraestructura (V9) Laderas poco inclinadas en flujos piroclásticos con infraestructura (V10)
ANTROPOGÉNICO	Explanaciones en cenizas (A1) Explanaciones en lavas (A2) Explanaciones para acequias (A3) Explanaciones para vías (A4) Colapsos por minería (A5) Escarpe de canteras (A6) Explanaciones de canteras (A7) Canalizaciones (A8) Llenos antrópicos con infraestructura parcial (A9) Llenos antrópicos con infraestructura (A10)

### Caracterización geológica

Se presenta la geología del área urbana y suburbana de la ciudad de Pasto de una manera simplificada, orientada hacia la delimitación de unidades cartográficas que reflejen un comportamiento geomecánico homogéneo de los niveles superiores del subsuelo *Unidades Geológicas Superficiales* – (UGS) (figura 4).

Se definieron y cartografiaron 12 UGS que conforman el basamento ingenieril de la ciudad de Pasto y sus alrededores. A continuación se describen en un orden aproximado de las más antiguas a más recientes, y en la figura 4 se presenta el mapa de unidades geológicas superficiales de la ciudad de Pasto y sus alrededores (Ingeominas, 2003).

**Lavas (QL)** Se agrupan en esta unidad rocas de carácter efusivo; afloran hacia el norte y noroeste del área, se relacionan con la actividad volcánica cuaternaria.

**Depósitos Piroclásticos (Qp).** Los depósitos piroclásticos afloran hacia la zona central y suroeste del área trabajada, cubren aproximadamente el 15% del área y conforman el substrato de gran parte de la zona céntrica de la ciudad.

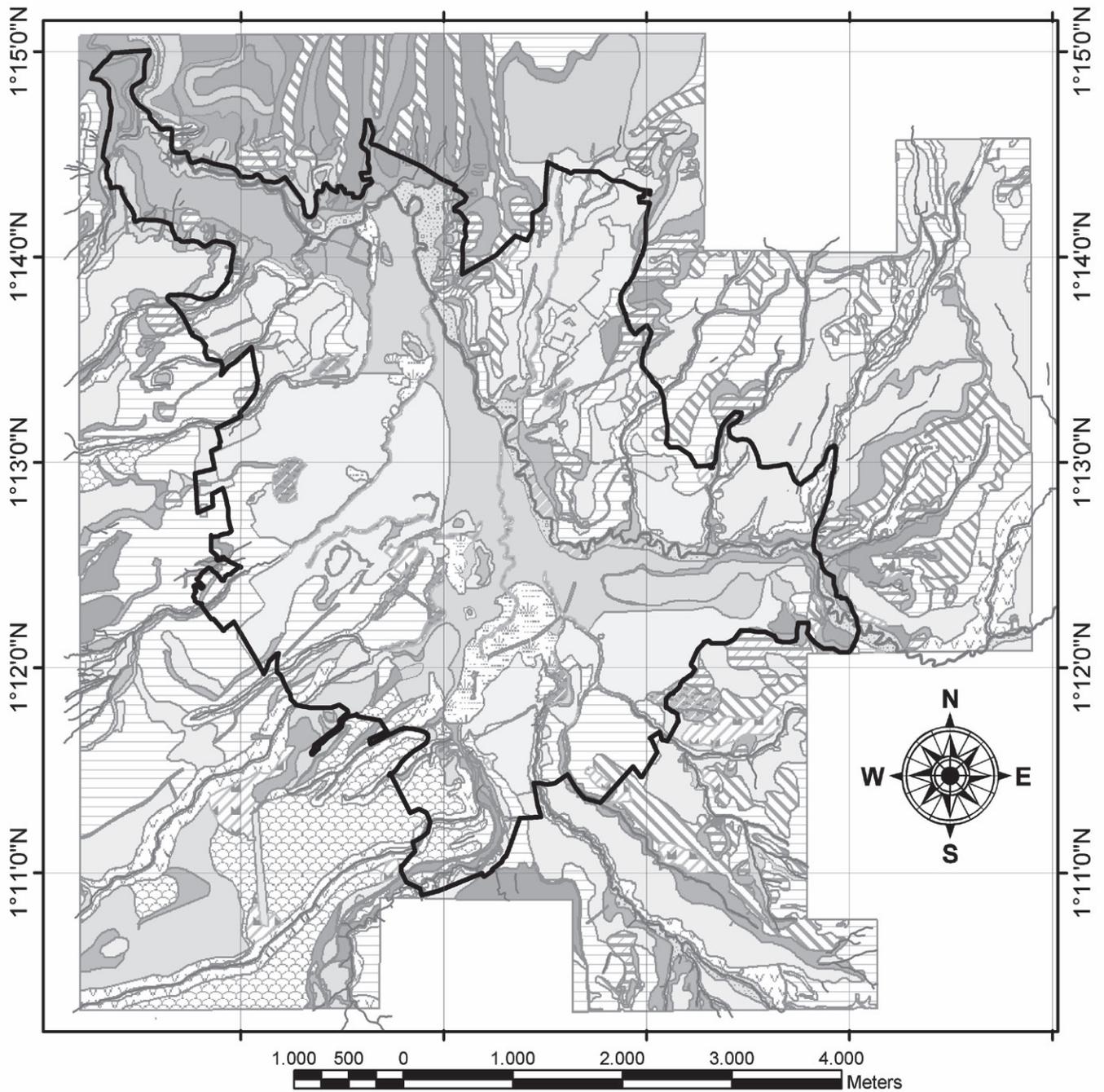


Figura 3. Mapa de unidades geomorfológicas de la ciudad de San Juan de Pasto y sus alrededores. El perímetro urbano se muestra como una línea negra continua. Tomado de Ingeominas, 2003. Evaluación de los efectos actuales de subsidencia y colapsos por actividades de aprovechamiento subterráneo de recursos minerales en la ciudad de San Juan de Pasto

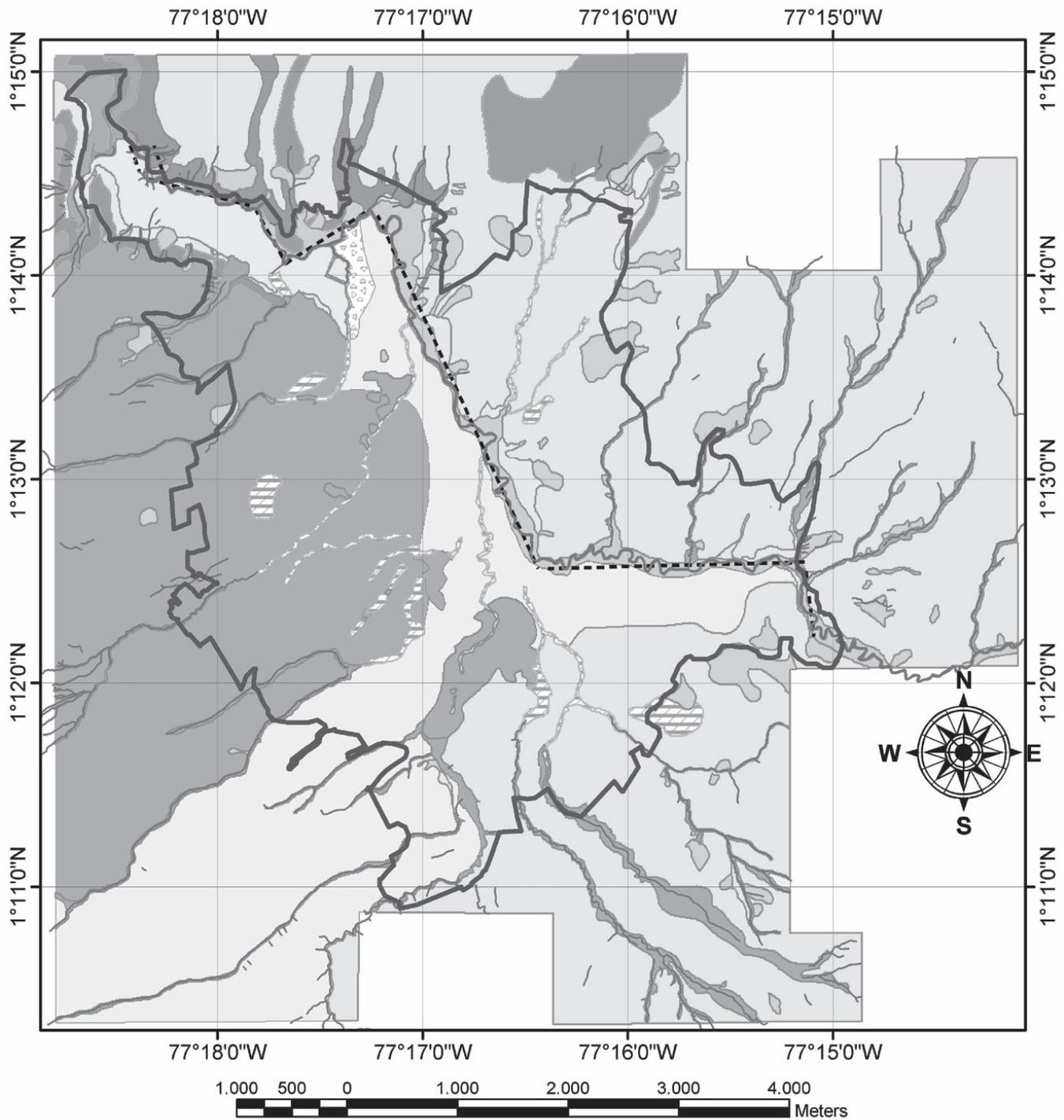


Figura 4. Mapa de unidades geológicas superficiales de la ciudad de Pasto y sus alrededores, el casco urbano de Pasto se marca con una línea continua. Tomado de Ingeominas, 2003. Evaluación de los efectos actuales de subsidencia y colapsos por actividades de aprovechamiento subterráneo de recursos minerales en la ciudad de San Juan de Pasto

Capa de arena (Q<sub>A</sub>). Aunque presenta una expresión cartográfica lineal se ha considerado conveniente tratarla como una UGS debido a la gran importancia que plantea desde el punto de vista geotécnico, ya que ha sido objeto de intensa explotación como fuente de materiales de construcción.

Flujos de lodo (Q<sub>fl</sub>). Los flujos de lodo corresponden a los depósitos que presentan un mayor desarrollo areal en la zona de estudio. Cuantitativamente ocupan cerca del 75% del área cartografiada.

Depósitos paludales (Q<sub>pl</sub>). En el sector del estadio La Libertad, se delimita una zona como asignable a este tipo de substrato con base en observaciones en los cortes hechos para la instalación del alcantarillado.

Terrazas del río Pasto (Q<sub>t</sub>). Las terrazas del río Pasto se desarrollan en sectores marginales a su cauce y constituyen, por sus características morfológicas, terrenos de gran atractivo para usos agropecuarios o urbanos.

Depósitos hidroclásticos de ladera (Q<sub>c</sub>). Son depósitos constituidos por flujos gravitacionales de material erodado sobre zonas de pendientes medias a fuertes.

Flujos complejos (Q<sub>fc</sub>). Se denomina de esta manera un depósito de flujo depositado en el sector del centro comercial Valle de Atriz, compuesto por grandes cantos de lavas, bastante angulares, lo que indica como fuente de origen una colada volcánica ubicada muy cerca.

Depósitos de movimientos en masa (Q<sub>mm</sub>). La inclusión de los depósitos de movimientos en masa como unidades geológicas superficiales obedece a criterios de funcionalidad con respecto al desarrollo posterior de los análisis geotécnicos.

Depósitos de cauce actual (Q<sub>ca</sub>). Los depósitos actuales de los ríos y quebradas incluyen no solamente los productos acumulativos activos depositados por efectos de la dinámica de los mismos sino también, en especial para las quebradas afluentes del río Pasto, depósitos coluviales originados por efectos gravitacionales y que se encajonan en los valles estrechos y alargados que conforman la morfología actual.

Llenos antrópicos (Q<sub>ll</sub>). Corresponden a rellenos con fines urbanísticos, sanitarios e ingenieriles.

Otros depósitos: Glaciales. Se observaron hacia el sector denominado como el “Valle de Las Piedras”, y son estas “piedras” típicos retrabajamientos hidráulicos de depósitos correspondientes a morrenas glaciares, terminales, laterales y de fondo, que se desarrollaban a partir de circos que aún conservan su morfología típica.

Efectos actuales de subsidencia y colapsos ocasionados por el aprovechamiento subterráneo de materiales de construcción

La construcción en la ciudad de Pasto ha estado ligada desde hace muchos años a la explotación subterránea de materiales arenosos, realizada en los límites del área urbana, y llega incluso hasta el interior de la misma. El crecimiento constante de la población y el consecuente requerimiento de áreas para construcción de nuevas viviendas, han generado la ampliación de los límites urbanos hasta llegar a la ocupación de aquellas áreas en donde antes se realizaban las actividades mineras.

Si bien estas áreas no presentaban en su momento limitaciones para uso residencial e industrial, la estratificación de los yacimientos y el abandono de las minas, sin aplicar las medidas de mitigación y prevención, desencadenaron problemas de subsidencia y colapsos que se manifestaron de manera crítica en algunas viviendas de los barrios Villa Lucía, Los Balcones y Los Álamos, en donde los desplazamientos verticales llegaron hasta 10 m, y dejaron sin soporte los cimientos y las redes de servicios de estas viviendas, lo que ocasiona un enorme peligro para la vida de los residentes y sus propiedades.

Las zonas con subsidencia y los puntos de colapso se presentan en el mapa de Minería y Áreas con Subsidencia y Colapsos por Explotaciones Subterráneas (figura 5) (Ingeominas, 2003). Las zonas fueron clasificadas según la evaluación de los daños, la cual se expresó a partir de una valoración cualitativa en dos categorías: zonas con daños altos y zonas con daños medios.

### Amenaza sísmica

La ciudad de San Juan de Pasto es considerada como una zona de amenaza sísmica alta, de acuerdo con el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (1998), donde se asigna a Pasto un valor de aceleración ( $A_a$ ) de 0.35g, con una probabilidad de excedencia del 10% en un período de 50 años.

#### Actividad sísmica histórica en la ciudad de Pasto

El departamento de Nariño está ubicado en una zona de rasgos tectónicos con actividad reciente, con sismicidad caracterizada por la ocurrencia de terremotos energéticos con efectos desastrosos. A continuación se presentan algunos de los terremotos que han afectado a la ciudad de Pasto (Silva, 2005. Figura 6).

Año de 1696. Un sismo de magnitud  $M_s$  6,3 que ocurrió en la ciudad de Pasto en la época de la colonia fue sentido muy fuerte en esa ciudad.

El 20 de enero de 1834 a las 06:45 a.m. se presentó un sismo de magnitud  $M_s$  7,7 y varias réplicas con epicentro en Santiago (Putumayo). Este terremoto es considerado como el más fuerte reportado para la ciudad de San Juan de Pasto, el cual causó gran destrucción de la ciudad, al igual que en Almaguer en el Cauca y Sibundoy en el Putumayo (Ramírez, 1975). Este sismo tuvo una intensidad máxima de XI en la escala de Mercalli Modificada (MM) (figura 7).

El 14 de diciembre de 1923, un sismo de magnitud  $M_s$  de 7,0 fue sentido en Pasto y pueblos del sur del departamento. Con este sismo fueron destruidas las poblaciones de Cumbal, Carlosama, Aldana, Chiles, Túquerres e Ipiales.

El 14 de julio de 1947, a las 02:01 a.m. ocurrió un terremoto en Pasto de magnitud  $M_s$  de 7,0, seguido por tres réplicas de importancia. De este sismo hay reportes de intensidades MM de X en el territorio limitado por los cañones Guaitara y Juanambú.

En actividad reciente se resaltan varios episodios de sismos volcánico-tectónicos en la región del volcán Galeras. Las magnitudes de duración máximas calculadas fueron de 4,5 para el período entre 26 de abril y el 1 de mayo de 1993, 4,0 para el período entre noviembre 24 y diciembre 4 del mismo año y 4,7 para el período entre marzo 4 y octubre 30 de 1995. Con este último episodio se tuvo reporte de seis personas muertas debido al desprendimiento de una roca de un talud, veinte casas seriamente dañadas y deslizamientos (Ingeominas, 1995).

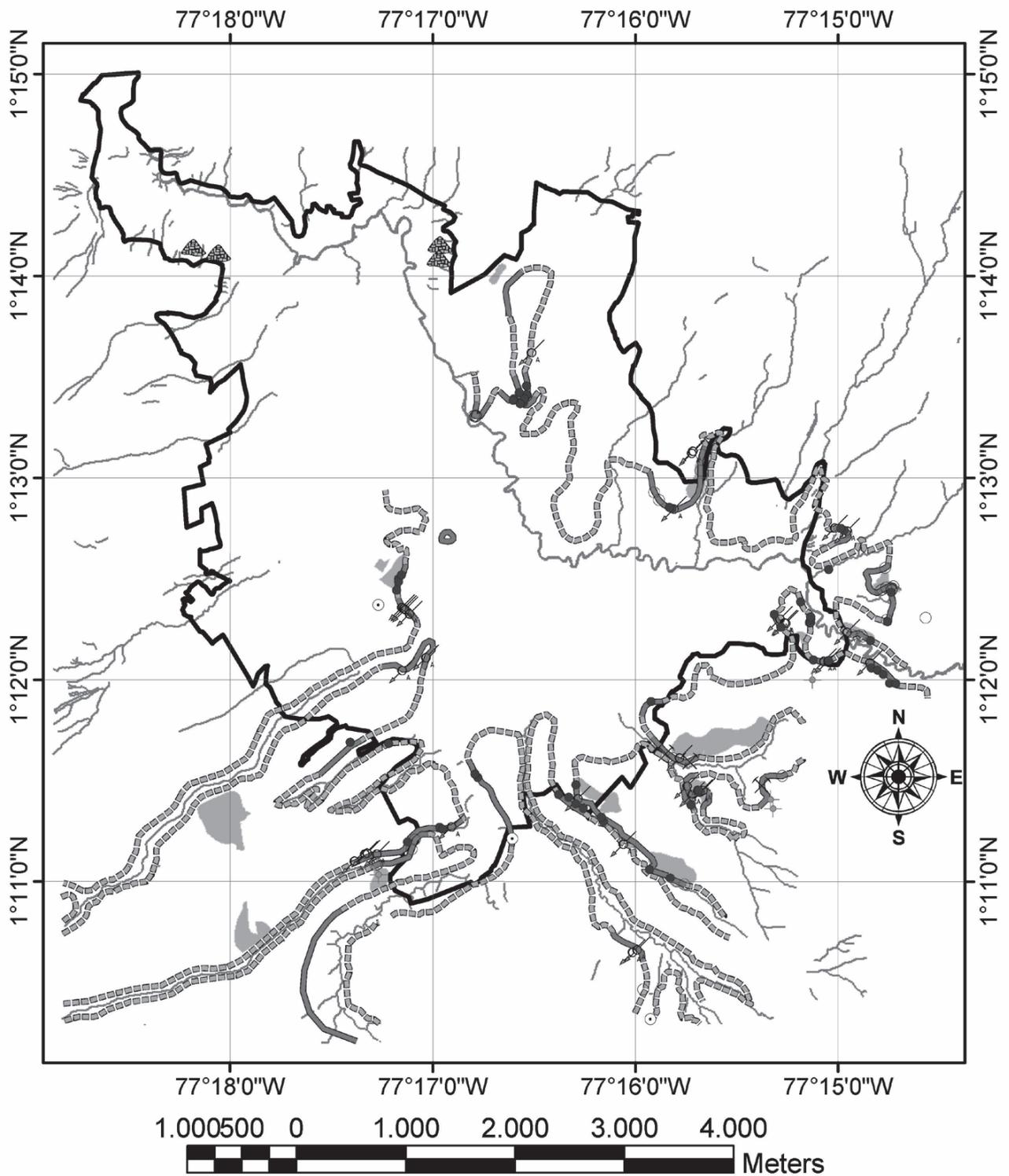


Figura 5. Mapa de minería y áreas con subsidencia y colapsos por explotaciones subterráneas. Casco urbano de la ciudad en línea continua negra, línea puntada distribución probable de "capa de arena", línea continua más clara distribución de "capa de arena", polígonos son zonas de subsidencia y colapso. Tomado de Ingeominas, 2003. Evaluación de los efectos actuales de subsidencia y colapsos por actividades de aprovechamiento subterráneo de recursos minerales en la ciudad de San Juan de Pasto

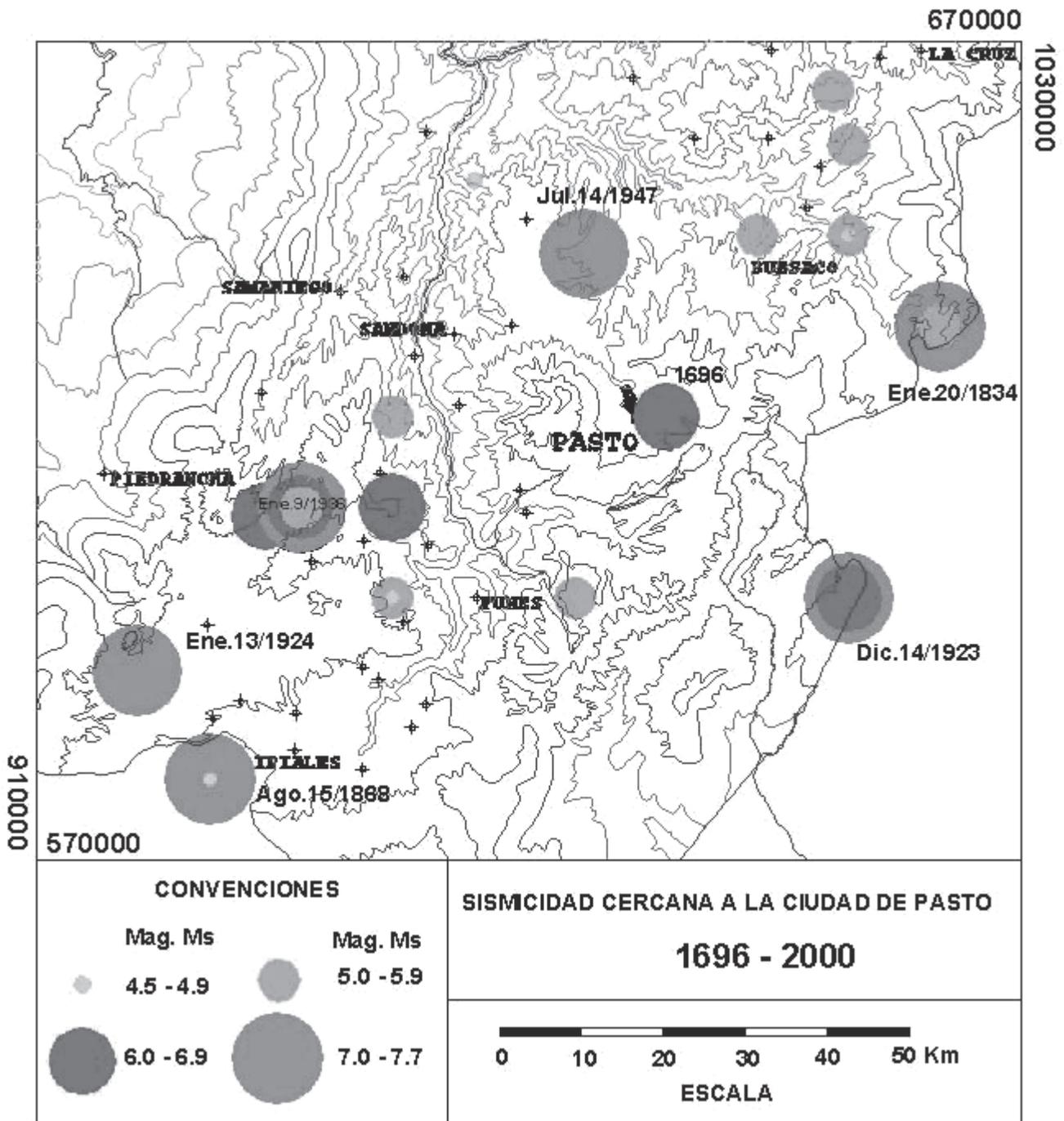


Figura 6. Mapa epicentral de los principales sismos ocurridos desde 1696 hasta el 2000 que históricamente han afectado la ciudad de San Juan de Pasto. Se resaltan con la fecha los sismos que tuvieron magnitudes Ms mayores o iguales a 7.0. Tomado de Silva 2005, Evaluación de la amenaza sísmica en el departamento de Nariño

Zona Epicentral: Santiago (Putumayo)  
 Intensidad MM máxima: XI Magnitud Ms: 7.7

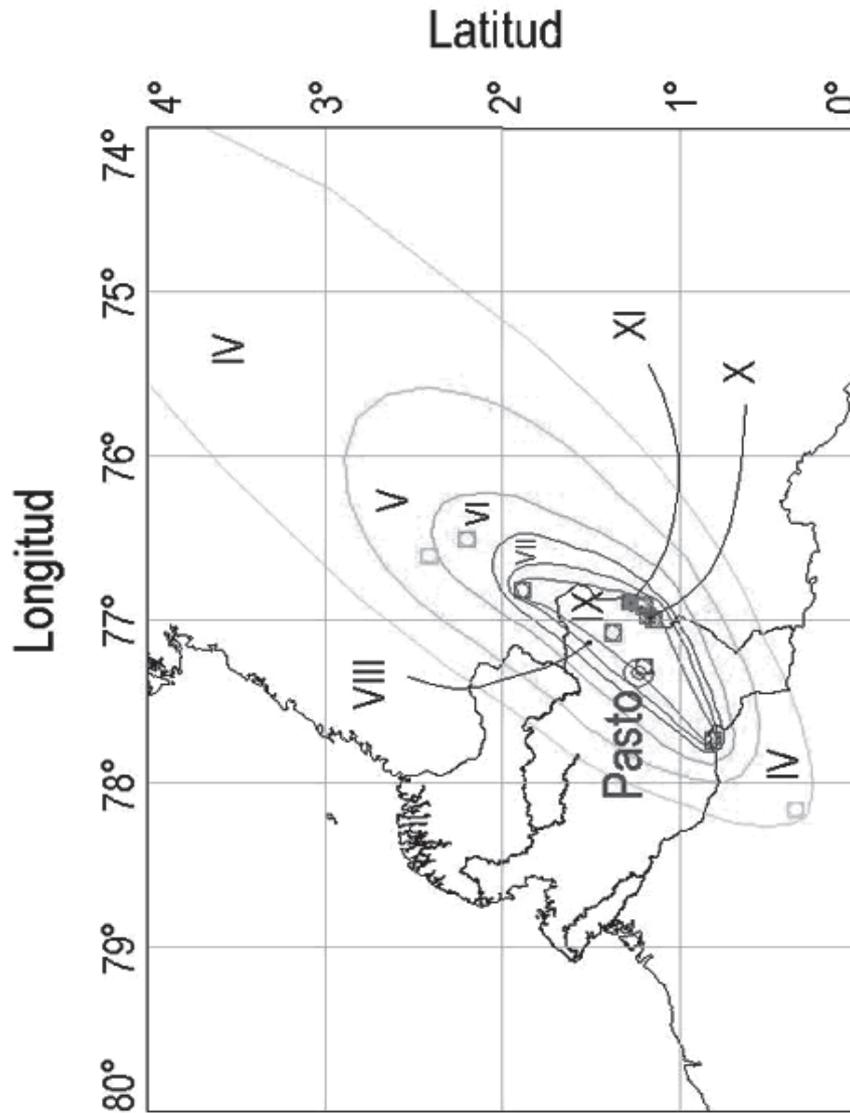
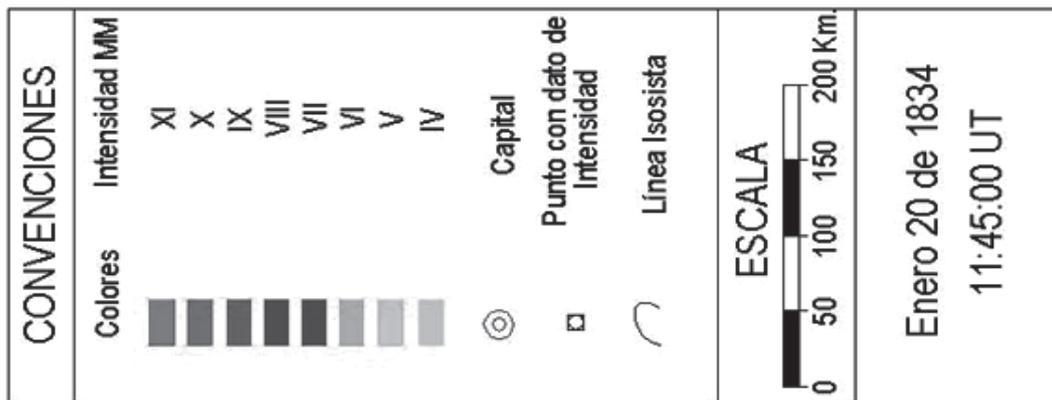


Figura 7. Mapa de isointensidades en la escala de Mercalli Modificada, para el sismo ocurrido el 20 de enero de 1834 a las 06:45 a.m (hora local). Tomado de Silva 2005, Evaluación de la amenaza sísmica en el departamento de Nariño

## Amenaza volcánica

El volcán Galeras está ubicado a 9 km al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto, con una altura de 4270 msnm. Es un estratovolcán andesítico con una actividad que ha sido caracterizada básicamente por erupciones de tipo vulcaniano.

Los registros estratigráficos de los últimos 5000 años, indican que las erupciones ocurridas en este lapso se han caracterizado principalmente por la ocurrencia de flujos piroclásticos, los cuales constituyen la mayor amenaza volcánica de Galeras; igualmente han tenido lugar emisiones de lava, caídas piroclásticas y flujos de lodo secundarios.

El volcán Galeras es considerado como uno de los más activos en Colombia, caracterizado por periodos relativamente cortos de quietud. En los últimos 500 años, los testimonios y la recopilación histórica realizada por personajes como Higinio Muñoz (investigador pastuso), Emanuel Friedlander (geólogo alemán), Ignacio Rodríguez Guerrero (historiador pastuso), Jesús Emilio Rodríguez (sacerdote jesuita), M. Boussingault (científico francés), Hermano Anacleto (sacerdote marista), entre otros (Espinosa, 2001), permiten inferir que Galeras ha presentado a partir del año 1535 cerca de 70 eventos eruptivos, lo cual da un promedio de un evento cada siete años. La figura 8 es una pintura de Alphons Stübel realizada en 1869, donde se aprecia una columna de emisión, evidencia de la actividad de Galeras en este periodo histórico. Con base en el impacto de los fenómenos generados, 7 de esos eventos se pueden catalogar como los más importantes, con un promedio aproximado de ocurrencia de cada 67 años.

En el periodo de actividad de Galeras de 1989 a 2006, se ha registrado entre otros fenómenos de tipo volcánico, el emplazamiento de domos de lava; el primero fue visto por primera vez el 9 de octubre de 1991 y el segundo el 23 de enero de 2006 y numerosas erupciones entre las cuales se destacan las que aparecen en la tabla 2. La figura 9 es una foto del volcán Galeras y su columna de gases sobre la ciudad de Pasto, tomada en noviembre de 2005.



Figura 8 . Dibujo realizado por Alphons Stübel en 1869, muestra la plaza principal de la ciudad de San Juan de Pasto, ubicada a unos 9 km al suroeste del cráter principal. Se aprecia una columna de vapor y gases, evidencia de la actividad de Galeras en este periodo histórico



Figura 9. Foto de la columna de vapor y gases del volcán Galeras, sobre la ciudad de Pasto, foto tomada en noviembre de 2005

Tabla 2. Principales erupciones ocurridas en el volcán Galeras a partir de 1989.

ERUPCIONES	Volumen m <sup>3</sup>
Julio 16, 1992	277 000
Enero 14, 1993	---
Marzo 23, 1993	835 000
Abril 4, 1993	180 000
Abril 9, 1993	217 000
Junio 7, 1993	1 255 000
Agosto 11 y 12, 2004	1 100 000
Noviembre 21, 2004	665 000
Noviembre 24, 2005	700 000
Julio 12, 2006	310 000

## Mapa de amenaza volcánica de Galeras

En 1989, por la reactivación del volcán Galeras, Ingeominas elaboró las dos primeras versiones del mapa de amenazas del volcán. Posteriormente, después de un trabajo detallado de campo Ingeominas presentó, en 1997, la tercera versión del mapa en la cual se incluyeron, además de los estudios anteriores, recopilaciones de narraciones históricas y estudios geológicos en detalle y dataciones de radiocarbono. Se tuvieron en cuenta los productos emitidos durante los últimos 5000 años (correspondientes al edificio actual) y se definieron la ocurrencia de 45 eventos importantes, entre los cuales el mayor número correspondió a flujos piroclásticos.

El mapa (figura 10), establece tres zonas que de mayor a menor severidad son alta, en rojo; media, color naranja; y baja en amarillo (Ingeominas, 1997):

Zona de amenaza alta. Se refiere al área más cercana al cráter activo donde pueden ocurrir alguno de los siguientes fenómenos volcánicos que generan destrucción total: flujos piroclásticos (nubes calientes de materiales sólidos y gaseosos), flujos de lava (flujos de rocas fundidas), flujos de lodo, proyectiles balísticos (caídas de piedras), onda de choque (ruido explosivo) y alta concentración de gases tóxicos en las inmediaciones del cono activo.

Zona de amenaza media. Bordea los límites de la zona de amenaza volcánica alta en un ancho aproximado de 200 metros; sería afectada por flujos piroclásticos más grandes pero poco probables, y por flujos de lodo secundarios.

Zona de amenaza baja. Área en la cual los efectos volcánicos afectan con menor rigor a la comunidad y en forma parcial a la propiedad. Está definida principalmente por las tendencias de depósito de material de caída piroclástica (cenizas). Así mismo puede ser afectada por ondas de choque.

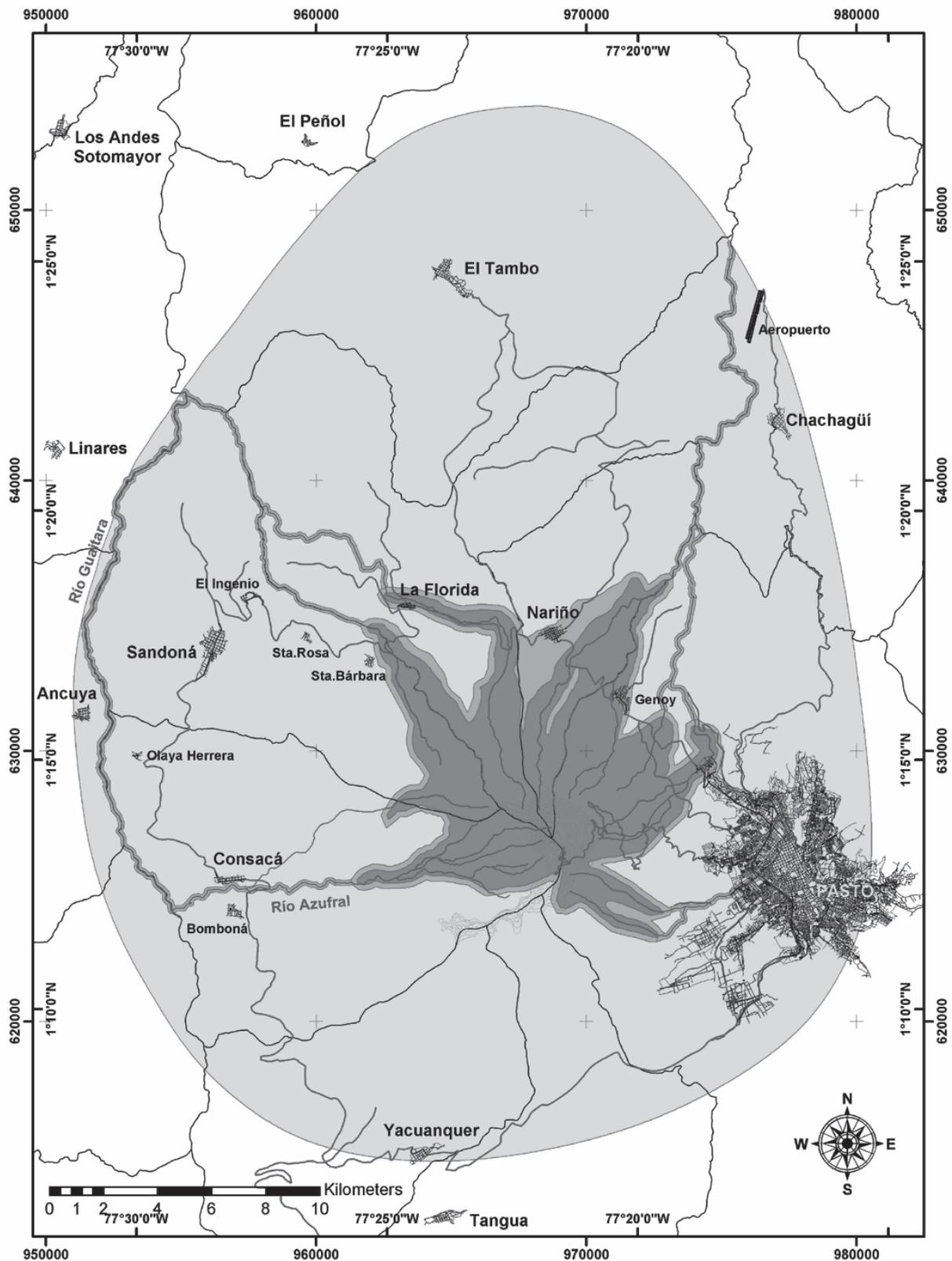


Figura 10. Mapa amenaza volcánica del Galeras (Ingeominas, 1997)

## Bibliografía

ALCALDÍA DE PASTO (1998). Prediagnóstico de la Cuenca Media del Río Pasto. Pasto, Secretaría del Medio Ambiente, 30 p.

\_\_\_\_\_ (1999). Plan de Ordenamiento Territorial. Alcaldía de Pasto, 321 p.

CORPONARIÑO (1995). Estudio hidroclimatológico cuenca del río Pasto. Pasto, Corporenariño, 115 p.

ESPINAL, L. S., TOSI, J., MONTENEGRO, E. TORO, G & DIAZGRANADOS, G. (1977). Mapa ecológico de Colombia 1:500 000 IGAC, Bogotá.

ESPINOSA, A. (2001). Erupciones históricas de los volcanes colombianos (1500 – 1995). 291 p.

INGEOMINAS, (1995). Episodio sísmico de alta frecuencia, marzo de 1995. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, Reporte preliminar, 8 p

\_\_\_\_\_ (1997). Mapa de amenaza volcánica de Galeras. Tercera versión. Bogotá, Ingeominas 38 p.

\_\_\_\_\_ (2003). Evaluación de los efectos actuales de subsidencia y colapsos por actividades de aprovechamiento subterráneo de recursos minerales en la ciudad de San Juan de Pasto. Bogotá, Ingeominas, 133 p.

INGEOMINAS, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, AIS, (1998). Estudio general de amenaza sísmica de Colombia. Bogotá, INGEOMINAS, 252 p.

RAMÍREZ, J. E. (1975). Historia de los terremotos en Colombia. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 250 p.

SILVA, B. (2005). Evaluación de la amenaza sísmica en el departamento de Nariño. Trabajo de Grado para optar el título de Física. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, 123 p.

# Pereira

Jorge Iván Orozco Betancurth

## Entorno biofísico

Paisaje: localización, topografía

El 30 de agosto de 1863 fue fundada Pereira, sobre una zona de terrenos ondulados en el piedemonte de la vertiente occidental de la cordillera Central. Hoy es capital del departamento de Risaralda y conforma el área metropolitana centro occidente (AMCO) con los municipios de Dosquebradas y La Virginia. La ciudad se localiza a 4°49' de latitud norte y 72°42' de longitud oeste; su altura media es de 1411 metros sobre el nivel del mar–msnm (figura 1). Como referentes ambientales de importancia tiene a su oriente el parque nacional natural Los Nevados (con una altura máxima de 4950 msnm) y al occidente el río Cauca.

El terreno donde se asienta la ciudad tiene una pendiente general suave hacia el oeste y profundas disecciones generadas por los ríos Otún y Consota. El área urbana está limitada al oriente y al noroccidente por un relieve montañoso que controla su expansión.

Clima, vegetación, formaciones vegetales

Por su ubicación en posición media de la zona de convergencia intertropical, su clima está caracterizado por dos periodos lluviosos al año, con máximos entre los meses de abril-mayo y septiembre-noviembre, la precipitación es del orden de 2225 mm/año (Carder-Forec, 2000). Localmente el clima está influido por el relieve, que incide en la circulación diaria de los vientos y de las lluvias, causantes del “aguacero de las dos de la tarde”, fenómeno bien conocido. Su temperatura media es de 21°C y la humedad relativa 79%. La zona de vida, según la clasificación de Holdridge, corresponde a Bosque Muy Húmedo Premontano (IGAC, 1995 en Carder-Forec, 2000)

Hidrología superficial y subterránea

Los ríos Otún y Consota atraviesan a Pereira de oriente a occidente. El río Otún nace a 4000 msnm, en la laguna del mismo nombre, y desemboca en el río Cauca a 950 msnm. La presencia de un óptimo pluviométrico en la parte media de su cuenca lo convierte en generador de crecientes súbitas, que han afectado tanto a Pereira como a Dosquebradas (Empresas Públicas de Pereira, 1997). Sus principales tributarios son los ríos Barbo y San Juan y las quebradas Volcanes, San José, Dosquebradas y Egoyá, esta última convertida en colectora de aguas negras del centro de la ciudad.

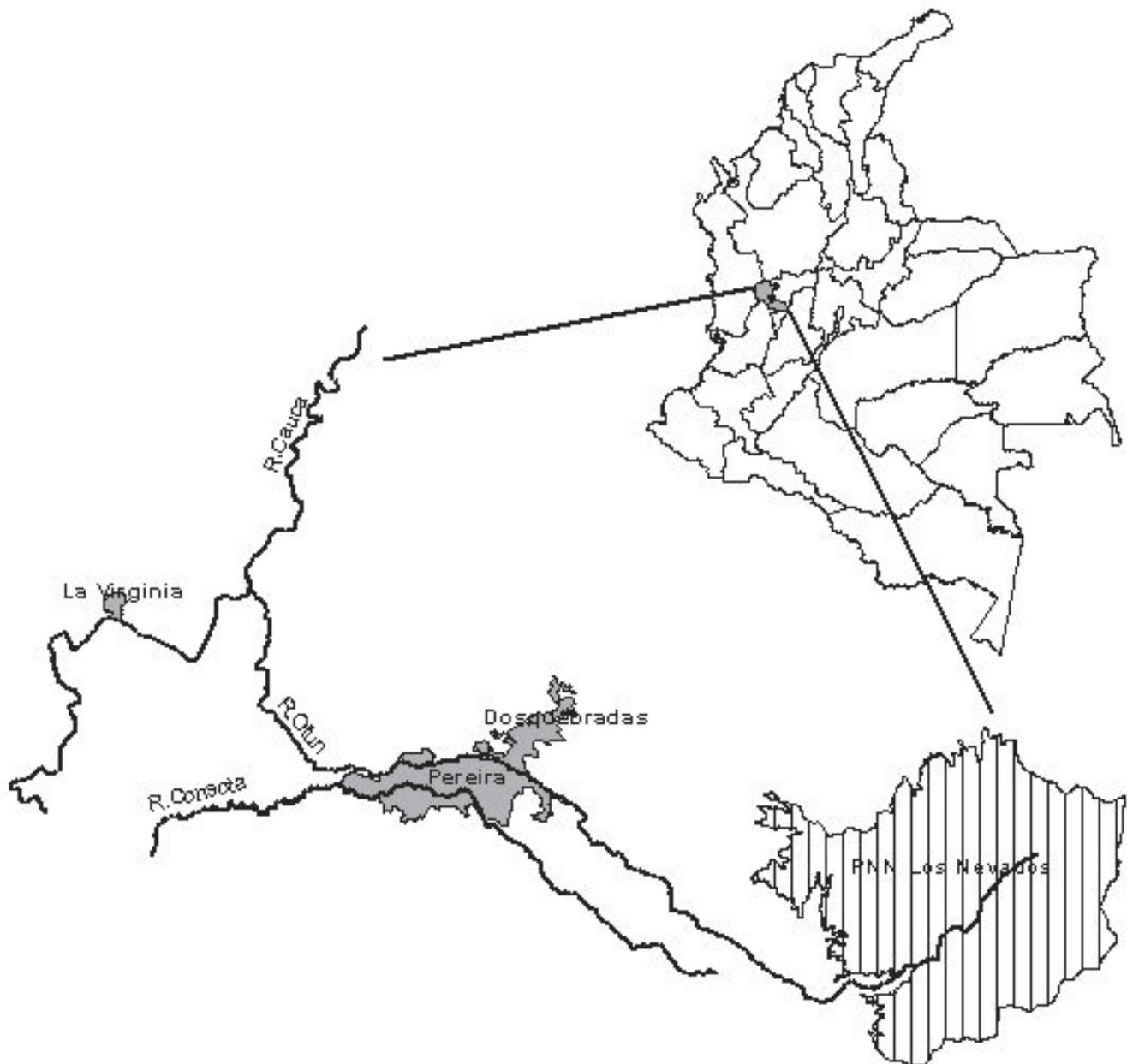


Figura 1. Mapa Localización

El río Consota nace a 2200 msnm., pasa por el sur de la ciudad y capta cerca del 55% de sus aguas residuales (el 45% restante es captado por el Otún) y desemboca aguas arriba de la bocatoma de la ciudad de Cartago. Algunas áreas pobladas de Pereira han sido afectadas por sus inundaciones. Dentro del área urbana son de especial interés sus tributarios las quebradas La Dulcera, La Arenosa y El Oso.

Al abundante recurso hídrico superficial, se suma un acuífero en el que se han perforado más de 150 pozos profundos y 600 aljibes. Es parte de una unidad hidrogeológica compleja, tanto por la heterogeneidad de los materiales que conforman el abanico como por la trama de estructuras geológicas que restringen la circulación de las aguas subterráneas. Aunque inicialmente se estimó que su recarga provenía de la parte media-alta de la cordillera (cerca al parque de Los Nevados), estudios isotópicos recientes indican que ésta se da por infiltración directa sobre el abanico, en una faja altitudinal ubicada entre los 1200 y 950 msnm (Otálvaro et al., 2006), circunstancia que lo expone a riesgo de contaminación por fuentes puntuales y dispersas.

Geología, geomorfología, tectónica reciente, subsuelo

El subsuelo de Pereira (figura 2) tiene su origen en los fenómenos volcánicos, fluvivolcánicos y laháricos asociados a la actividad del complejo volcánico Ruiz-Tolima, ubicado en el eje de la cordillera Central, en especial del volcán nevado de Santa Isabel, así como en la dinámica de la cuenca media del río Otún.

La ciudad se asienta sobre una secuencia heterogénea de materiales, que según interpretación geofísica posee un espesor cercano a 700 m (comunicación verbal, Gabriel Fernando Arias, 7 de mayo de 2006). Incluye depósitos de flujos piroclásticos y de escombros, conglomerados, arenas y limos fluviales con aporte volcánico, tobas de caída y localmente arcillolitas y limolitas lacustres, cubierta por un manto de cenizas volcánicas (Carder-Forec, 2000). Esta unidad se extiende a lo largo de la cuenca media del río La Vieja, conformando el denominado Glacis del Quindío o Abanico Pereira-Armenia. Se ha propuesto el nombre de Formación Pereira para la secuencia descrita cerca a esta ciudad (Carder- Universidad de Caldas, 1993). Unidades de rocas intrusivas al oriente (gabros) y volcánicas al noroccidente (diabasas y basaltos), conforman altos topográficos que limitan el actual perímetro urbano.

Por su gran ubicuidad y por su influencia en el desarrollo de la ciudad, la principal formación superficial la constituyen las cenizas volcánicas, depósitos acumulados como lluvia de partículas piroclásticas que se conforman paralelas a la topografía, en cuya conservación han jugado un papel importante las pendientes suaves a moderadas donde se asienta la ciudad y el clima húmedo (Toro y Hermelin, 1991). Por medio de perforaciones se han determinado espesores que alcanzan 30 m (comunicación verbal, Jaime Guzmán, 7 de abril de 2006).

Otra unidad importante, en especial por su respuesta sísmica, son los rellenos antrópicos conformados sin especificaciones técnicas con escombros, material de excavaciones y basuras, realizados especialmente sobre antiguos drenajes en el centro antiguo de Pereira. Existen otros rellenos hechos con técnicas hidráulicas, al norte del río Otún y al occidente de la ciudad.

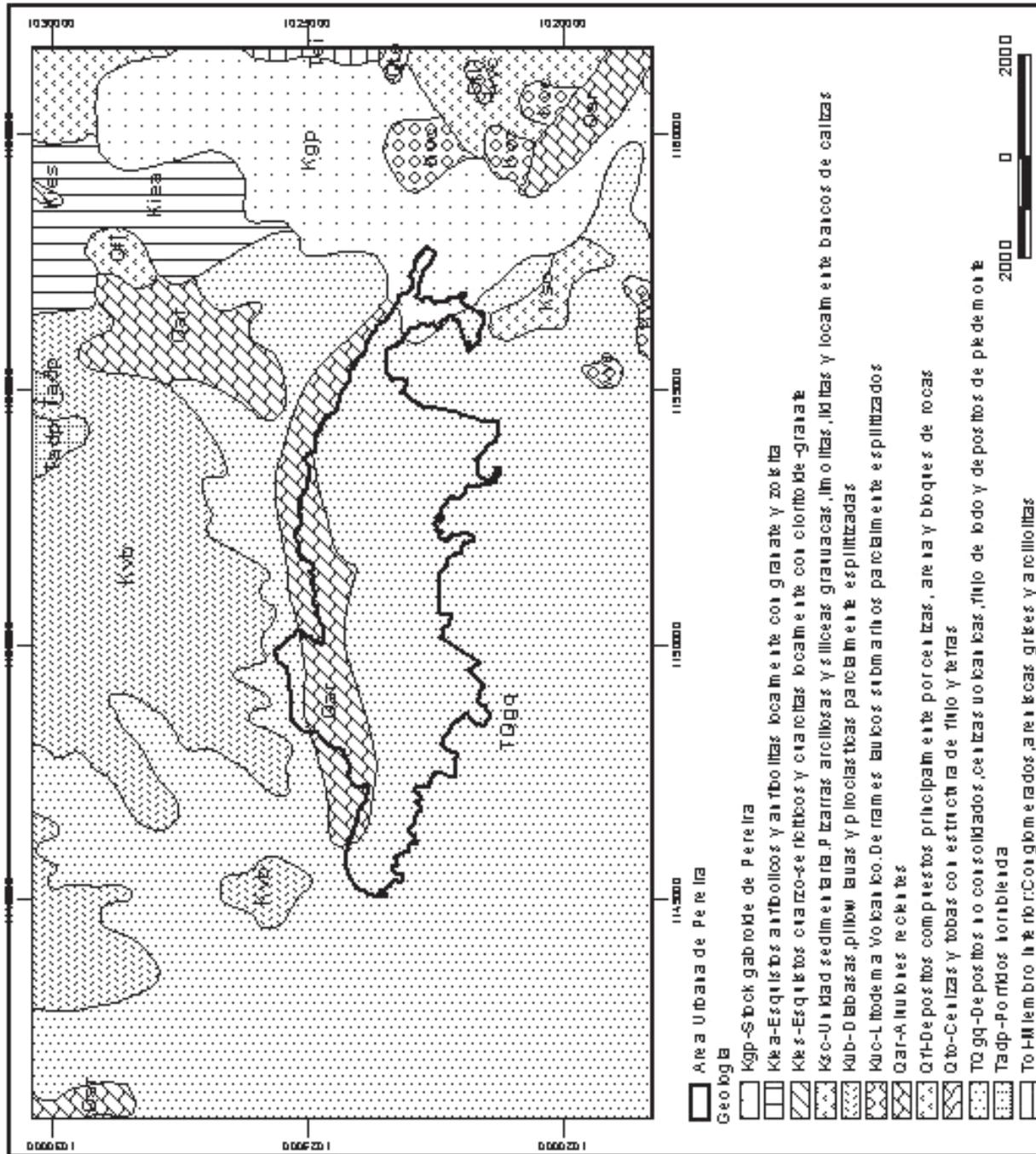


Figura 2. Geología

Son numerosos los segmentos de fallas próximos a Pereira. Los estudios de neotectónica (Carder, 1997 en Carder-Forec, 2000) reconocieron entre éstas por lo menos con cinco evidencias de actividad reciente (figura 3).

Procesos, amenazas naturales

El estudio de amenaza del volcán nevado de Santa Isabel (Carder-Ingeominas, 1993), concluyó que es baja la probabilidad de que ocurra una erupción a corto o mediano plazo. Posibles erupciones de carácter efusivo, flujos piroclásticos, flujos de lodo (lahares) y colapsos de domos, no afectarían el tramo urbano del río Otún. En el caso hipotético que se presentara un deshielo total, el relieve y las condiciones topográficas hacen poco probable que un flujo de lodo descienda por el valle del río Otún. La amenaza por lluvia de piroclastos y por lahares es baja.

Dentro del estudio de mitigación del riesgo sísmico para la ciudad (Carder, 1997 en Carder-Forec, 2000) se reconocieron tres posibles fuentes sismogénicas con potencial influencia sobre ésta:

- Una fuente a menos de 25 km de distancia y a una profundidad entre 10 y 20 km, causante de sismos equivalentes al que afectó el Eje Cafetero el 25 de enero de 1999.
- Una fuente profunda, correspondiente a la zona Wadatti - Benioff, localizada bajo las cordilleras Occidental y Central, a una profundidad de 100 km, responsable de sismos como los ocurridos el 30 de julio de 1962, 23 de noviembre de 1979 y 8 de febrero de 1995.
- La tercera fuente es lejana y corresponde a la zona de subducción frente a la línea de costa del Pacífico, que generaría fenómenos equivalentes al sismo del 31 de enero de 1906, con una distancia epicentral de la ciudad de Pereira del orden de los 200 km, aproximadamente.

Aunque se reportaron más de 218 movimientos en masa en los últimos 100 años (Moreno et al., 2006), el perímetro urbano de la ciudad no está sujeto a restricciones severas por inestabilidad natural de vertientes, excepto por los procesos asociados a la socavación lateral y de fondo, causados por las corrientes superficiales, como el que afecta la ladera norte del río Otún. La amenaza tiene un fuerte componente antrópico: cortes de taludes con ángulos inadecuados, saturación de suelos por aguas mal manejadas, sobrecargas en las coronas de los taludes por construcción de viviendas o realización de rellenos e inadecuado manejo de aguas de escorrentía en los corredores viales. Por otra parte, fenómenos de asentamientos diferenciales son comunes en rellenos antrópicos mal compactados, inadecuadamente confinados o saturados (Carder-Forec, 2000).

No obstante lo anterior, desde su puesta en operación, la bocatoma y el sistema de conducción de agua potable se han visto afectados por fenómenos de inestabilidad de laderas, disparados por exceso de lluvias y acentuados por fenómenos sísmicos. Luego del terremoto de 1999 se contó con cooperación internacional para adecuar la ladera próxima a la captación, en una tarea que implicó la remoción del material inestable de la corona.

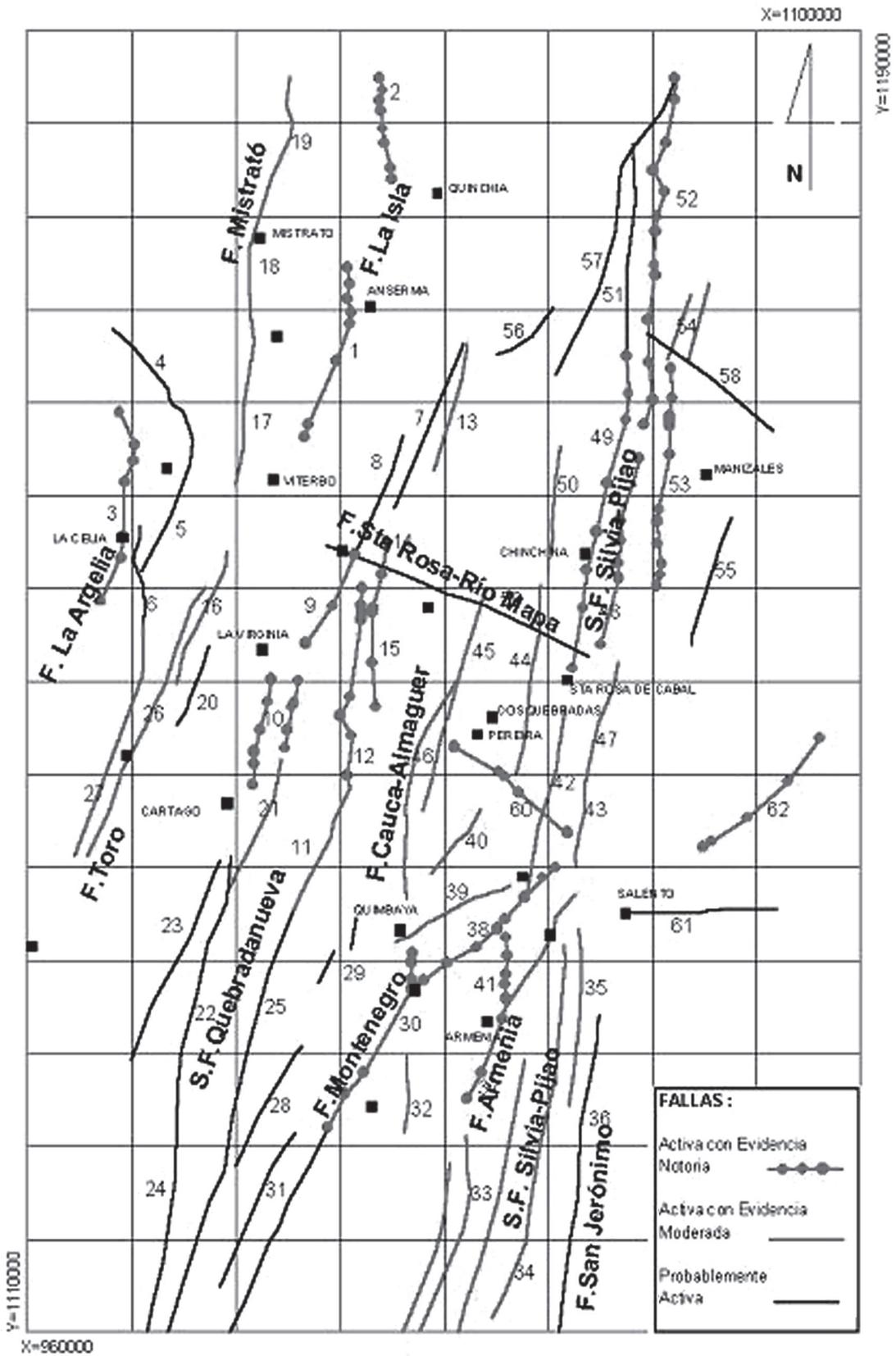


Figura 3. Neotectónica

Aunque no se han efectuado estudios sistemáticos sobre la amenaza por inundaciones, casi 250 eventos reportados en el siglo pasado (Moreno et al., 2006) indican la alta susceptibilidad que presentan todas las llanuras aluviales de los ríos y quebradas que cruzan la ciudad. La bocatoma del acueducto de Pereira es uno de los elementos más expuestos ante la ocurrencia de crecientes súbitas, pues se encuentra directamente sobre el lecho del río Otún.

## Aspectos Socioeconómicos

### Población, evolución

La ciudad de Pereira ha tenido un crecimiento persistente, tanto por la tasa de natalidad como por la inmigración permanente, debido a su localización y a su desarrollo como polo comercial. Con excepción del período 1964-73, en todos los demás períodos intercensales se confirma la tendencia de ciudad receptora de población (Moreno et al., 2006).

Pese a que las proyecciones del DANE estimaban para el año 2004 una población urbana cercana a 430 000 personas, el censo estableció que apenas llegaba a 358 681 personas (DANE, 2006).

### Industria, economía

La economía de la ciudad y su área metropolitana, concentra la mayor parte del valor agregado de Risaralda. Su fortaleza está en el comercio, que emplea el 32% de los ocupados. En los últimos años se han establecido grandes centros comerciales aprovechando la cercanía de Pereira a las otras capitales de los departamentos del Eje Cafetero. El café sigue siendo el principal producto agrícola del área metropolitana, aunque sólo representó el 2,4% de su economía para el año 2003, un 91% inferior a la participación a comienzos de la década de los noventa (CIR, 2005).

### Vías, transporte

Importantes vías, algunas en ejecución, auguran fluidez al transporte hacia otras ciudades, mejorando las condiciones competitivas de la misma. Se destacan la troncal del río Cauca, la troncal de Occidente, la doble calzada Pereira-Cerritos; la Autopista del Café, el viaducto Pereira-Dosquebradas y, en proyecto, la vía a Tribugá, que conectará con el Pacífico. Se cuenta con un aeropuerto internacional en Pereira y uno alternativo para carga en Cartago.

Para mejorar la movilidad urbana se avanza en la construcción y operación de un sistema de transporte masivo. El denominado Megabus incluye 26,6 km de carriles exclusivos, 24 rutas alimentadoras y conectará los tres municipios del área metropolitana centro occidente.

## Aspectos ambientales

### Abastecimiento de agua

El servicio de acueducto tenía en el año 2003 una cobertura urbana cercana al 97,16% (Aguas y Aguas de Pereira, comunicación escrita, 2006). La fuente de abastecimiento es el río Otún, el cual tiene un rendimiento promedio utilizable de 8,7 m<sup>3</sup>/s, durante el 80% del tiempo (Empresas Públicas de Pereira, 1997).

El balance hídrico elaborado para esta parte del departamento de Risaralda concluyó que el municipio de Pereira no presenta situaciones deficitarias de agua potable en escenarios propuestos de alto o bajo consumo, para un horizonte que va hasta el año 2050; los altos valores de disponibilidad permiten sugerir que es posible llegar incluso a abastecer otro municipio (Aguas y Aguas de Pereira et al., 2004). Estos datos contrastan con los pronósticos oficiales del IDEAM que prevén que la ciudad podrá tener un índice de escasez alto en el año 2025 (IDEAM, 2006).

En las últimas décadas algunos sectores suburbanos y rurales de Pereira han experimentado escasez de aguas superficiales, convirtiendo al agua subterránea en la principal fuente de abastecimiento. El 58 % de los 153 pozos existentes atienden necesidades de uso doméstico individuales, el 17% sirve a Empresas Prestadoras del Servicios Públicos y condominios, 16% a la producción industrial y 9% al sector pecuario. El sector industrial y las EPSP captan aproximadamente el 80% del agua extraída por pozos (Otálvaro et al., 2006).

#### Materiales de construcción

Dentro del radio de influencia de la ciudad existen nueve canteras de gabros, diabasas y andesitas que suministran triturados y recebos. El material de arrastre es aportado por los ríos Otún, Cauca, La Vieja, Mapa, Dosquebradas, Cañaveral, San Eugenio, Campoalegre y Risaralda, donde predominan las explotaciones manuales.

A pesar de no existir grandes explotaciones, la ciudad podría contar con una oferta cercana a 1 750 000 m<sup>3</sup>/año de materiales de construcción, volumen favorable si se considera una demanda crítica, como la generada por el proceso de reconstrucción luego del sismo de 1999, calculada en 950 000 m<sup>3</sup>/año (Samper, 2000).

#### Zonas de alto riesgo (por amenazas naturales)

Según los resultados del estudio de valoración del impacto de los desastres en la zona urbana de Pereira (Moreno et al., 2006), las condiciones de riesgo han venido en aumento a partir de la década de los 60. Entre 1906 y 1959, se registraron 6 sismos, 17 inundaciones y 22 deslizamientos. Para el periodo 1960 –2002 se reportaron 383 desastres (11 sismos, 154 inundaciones y 218 deslizamientos), en los que resultaron destruidas 4423 viviendas y 25 101 más fueron averiadas. Los sismos ocasionaron un 95% de la destrucción y un 88% de las averías. Los datos sobre población afectada, por evento, y el valor total de pérdidas materiales entre 1960-2002 se muestran en la tabla 1.

Los eventos más impactantes para la ciudad fueron los sismos ocurridos en 1995 y 1999. El del 8 de febrero de 1995 destruyó 118 viviendas y averió 4303 más. Los mayores daños se concentraron en la zona de influencia del colector de Egoyá, una obra de recolección de aguas negras sobre una antigua quebrada, en el centro de la ciudad, caracterizada por rellenos antrópicos mal ejecutados.

El sismo del 25 de enero de 1999 comprometió 28 municipios del Eje Cafetero. Fue considerado el desastre urbano más grave en la historia del país.

El epicentro se ubicó en Córdoba (Quindío), con magnitud  $M_l = 6,2$ , de tipo superficial. En el departamento de Risaralda las poblaciones más afectadas fueron Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal, Marsella y Pereira. En esta última 3534 viviendas fueron destruidas y 16 828 averiadas, un 25% del total de viviendas de la ciudad resultó afectado (Moreno et al, 2006). Se generaron cerca de 400 000 m<sup>3</sup> de escombros y se identificaron 330 movimientos en masa en puntos urbanos y rurales.

Tabla 1. Pérdidas por desastres asociados a fenómenos naturales entre los años 1950 y 2002.

Número	Sismos	Inundaciones	Deslizamientos	Total
Muertes	102	9	96	212
Heridos	1179	7	129	1315
Damnificados	128 889	9854	3000	141 743
Reubicados	15 023	Sin información	Sin información	15 032
Total	145 193	9871	3238	158 302
Eventos	11	154	218	383
Pérdidas en millones de pesos de 2004	1 021 394	27 291	11 680	1 060 923

Fuente (Moreno et al., 2006)

Los inventarios realizados en zonas de alto riesgo, en 136 barrios de la ciudad, revelaron para el año 2000 las siguientes cifras: 4615 en alto riesgo no mitigable, 6817 en riesgo mitigable y 1198 en riesgo aceptable (Alzate, 2006).

Los esfuerzos por liberar las áreas en riesgo han tenido resultados poco deseables. Dentro del proceso de reconstrucción, luego del sismo de 1999 se reubicaron cerca de 2700 viviendas; en el año 2003 el 55% de los lotes liberados estaba nuevamente ocupado y en 2005 la cifra se acercaba al 70% (comunicación Oral, Jairo Echeverry, marzo 23 de 2006).

#### Zonas de expansión futura

De las 60 900 hectáreas que constituyen el municipio de Pereira, el 92,7% son de vocación rural. El plan de ordenamiento para la ciudad definió un perímetro urbano que incluye 2710 ha, y reservó 1753 ha más como suelo de expansión (Planeación Municipal de Pereira, 2003), con las que se supone se podrán satisfacer los requerimientos de vivienda, proyectada en 40 127 unidades para el año 2009 (Planeación Municipal Pereira, 2004). Sin embargo, el alto costo del suelo compromete la satisfacción de viviendas para los estratos 1, 2 y 3 estimada en 28 100 unidades para ese año. Entre los años 2004 y 2005 se otorgaron licencias para 3 593 104 m<sup>2</sup> en parcelación o condominio en la

zona suburbana de Pereira (Comunicación escrita Curadorías 1 y 2 de Pereira, 2006), en los suelos de mejor productividad agrícola del municipio.

#### Relleno sanitario u otro tratamiento

Pereira cuenta con un relleno sanitario que atiende siete municipios de Risaralda, ubicado a unos 12 km de distancia de la ciudad. Su funcionamiento empezó en el año de 1997, cuando se proyectó una vida útil para 8,5 años. En mayo de 2005 se habían dispuesto 160 000 000 m<sup>3</sup> y existía una capacidad de ampliación para cerca 91 000 000 m<sup>3</sup> (Área Metropolitana Centro Occidente, 2005); pese a la anterior, se identificaron 71 botaderos a cielo abierto en diferentes puntos de la zona urbana, algunos de ellos en los cauces de los ríos Otún y Consota.

El relleno sanitario de Pereira fue preseleccionado, en cuanto a prefactibilidad, como proyecto piloto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) para el aprovechamiento de gas metano, en el marco del protocolo de Kioto.

#### Microzonificación sísmica

La respuesta sísmica en Pereira está relacionada con la presencia o ausencia de depósitos de cenizas volcánicas, los que constituyen suelos blandos que cubren normalmente conglomerados, suelos residuales o suelos de origen aluvial (figura 4). En las zonas donde se presenten cenizas superficiales en la estratigrafía, la respuesta dinámica queda definida por éstas, independiente de los depósitos más profundos. El 83% de los suelos de Pereira están conformados por cenizas volcánicas de diferentes espesores, el 9,5% por una combinación de cenizas más depósitos aluviales y el 7,5% por llenos antrópicos (Carder- Forec, 2000).

#### Aspectos reglamentarios e institucionales

En 1981 fue creada el Área Metropolitana del Centro Occidente (AMCO), para establecer los municipios adscritos Pereira y Dosquebradas inicialmente, con posterioridad el municipio de La Virginia. El AMCO busca la planificación integrada del espacio geográfico común y el diseño de proyectos de interés metropolitano, en procura de incrementar la capacidad competitiva de los municipios que la conforman. Sin embargo, las características comunes entre los tres municipios son de orden socioeconómico, más que biofísicas, siendo mayores las diferencias que presenta La Virginia, pues Dosquebradas y Pereira cuentan con el río Otún como elemento biofísico vinculante.

El AMCO ajustó los referentes ambientales que definió la Corporación Autónoma Regional de Risaralda–Carder para la revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios del departamento. De esta forma las directrices metropolitanas para los POT incluyen la ordenación de las cuencas de los ríos Otún y La Vieja, la identificación de fuentes alternas de suministro de agua, el reconocimiento del plan de manejo integral de aguas subterráneas del acuífero de Pereira, en formulación por la Carder; el ajuste a los planes municipales de gestión integral del riesgo y su articulación a un plan metropolitano, así como la formulación y ejecución de un plan metropolitano para el manejo de los residuos sólidos.

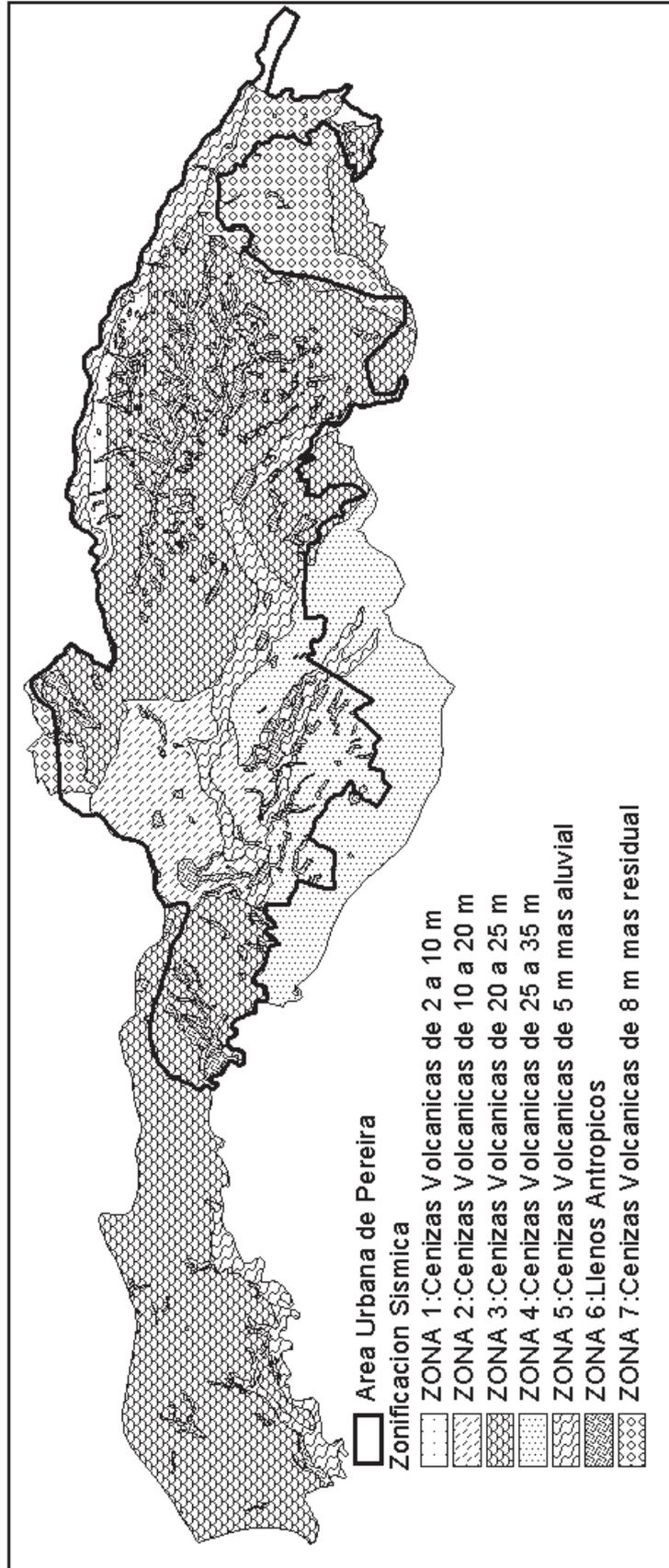


Figura 4. Microzonificación sísmica

De otro lado, para reglamentar los retiros a los cauces permanentes, el uso de zonas identificadas como inestables, la ejecución de llenos y su posterior utilización y el manejo del descapote, la Carder fijó unos lineamientos para orientar el desarrollo de las áreas urbanas y de expansión urbana (Carder, 1998).

El plan de ordenamiento territorial de Pereira culminó su proceso de revisión en diciembre de 2005, incorporando los lineamientos ambientales definidos por el AMCO y la Carder. Adicionalmente, para prevenir los conflictos por el uso del suelo en las zonas sujetas a explotaciones mineras, el plan incluyó la figura de “área minera”, dividiendo ésta en zonas de explotación actual, de explotación potencial y de transición minera. Esta última está orientada a disminuir la amenaza sobre poblaciones vecinas y garantizar la sustitución morfológica de las áreas explotadas.

### La gestión del riesgo

En 1981, debido a los frecuentes deslizamientos en la ladera norte del río Otún, que ponían en alto riesgo a sectores ribereños en Pereira y Dosquebradas, se creó la Carder para que ejecutara el “Plan de ordenamiento y saneamiento ambiental del tramo urbano del río Otún”. Entre los resultados del plan se destacan la reubicación de más de 1300 viviendas, la construcción de obras de control de inundaciones, de control de erosión fluvial y de laderas, para el saneamiento hídrico, además del diseño y ejecución de un programa coordinado de control y vigilancia de construcción o modificación de edificaciones en áreas de riesgo ( Uribe, 1990).

Desde esa época, el concepto de riesgo viene siendo incorporado en los distintos estamentos de la ciudad, reflejándose inclusive en el número de estudios sobre la materia: de 24 estudios realizados entre los años 70 y 80, se pasó a 42 en los 90; entre los años 2000-2002 se desarrollaron 13 investigaciones relacionadas con la gestión del riesgo (Carder, 2005; Moreno et al., 2006). Todos estos constituyen importantes insumos para la gestión que realiza la Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres, creada a mediados de la década pasada.

### Conclusiones

El entorno ambiental de Pereira le concede a la ciudad grandes potencialidades y a la vez importantes restricciones. Contrario a lo que ocurre con otras ciudades del país, Pereira cuenta con generosas áreas para la expansión urbana (aunque se sacrifican suelos óptimos para agricultura), recursos hídricos suficientes para abastecer a una población creciente, fuentes de materiales de construcción con potencial para satisfacer un sector constructivo en crecimiento; así como un paisaje atractivo en proceso de gestión para que sea declarado patrimonio de la humanidad.

Pero la actividad sísmica del entorno y la fluviotorrencial de los drenajes que bañan la ciudad, la vulnerabilidad de su bocatoma (que expone a la ciudad a quedarse sin agua ante una creciente torrencial del río Otún), la susceptibilidad de las laderas a las actividades antrópicas inapropiadas, la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación urbana y rural, alertan sobre la necesidad

de garantizar, con rigor, el cumplimiento de los acuerdos suscritos en el Plan de Ordenamiento Territorial, como mecanismo para frenar los graves errores cometidos en un pasado próximo, entre los cuales se destacan la canalización y lleno quebrada Egoya (años 50-60); la invasión de la ladera norte y llanuras de inundación del río Otún (años 60-70), el crecimiento hacia la cuenca del río Consota sin un plan de saneamiento hídrico (años 70-80), la invasión, canalización y lleno parcial quebradas Dulcera y Arenosa (años 70-80) y la invasión del sector oriental - Villa Santana (años 80-90)

## Bibliografía

ALZATE, A. (2006). “Del diagnóstico de los riesgos a las verdades del desarrollo... una mirada a través del tiempo”. Oficina Municipal para la prevención y atención de emergencias, OMPAD. Documento inédito. Pereira. 6p

AGUAS Y AGUAS DE PEREIRA Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN (2004). “Oferta y demanda hídrica en la subregión No. 1 del departamento de Risaralda, con los municipios de Cartago y La Virginia”. Informe Final. Medellín. Documento en formato digital.

ÁREA METROPOLITANA CENTRO OCCIDENTE (2005). Plan de Gestión integral de residuos sólidos-PGIRS-. Municipios de: Pereira – Dosquebradas - La Virginia. Consultoría para la formulación y elaboración del PGIRS metropolitano, Area Centro Occidente -Departamento de Risaralda. Pereira. Documento en formato digital.

CABALLERO H. & ZAPATA G. (1983). Plancha geológica de Pereira, 224. Mapa geológico preliminar. Escala 1:100 000. Ingeominas. Bogotá

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA–CARDER (1988). Resolución 1245, Por la cual se fijan lineamientos para orientar el desarrollo de las áreas urbanas y de expansión urbana. Pereira.

\_\_\_\_\_ (2005). Inventario actualizado de estudios sobre amenazas, vulnerabilidad, riesgos y desastres, generados por las diferentes entidades públicas de Risaralda. Pereira. Sin paginar.

CARDER–FOREC (2000). Base ambiental con énfasis en riesgos, municipio de Pereira. Pereira. 136 p.

CARDER-INGEOMINAS (1993). Estudio de amenaza volcánica potencial del Nevado Santa Isabel: sector occidental. Ibagué. 75p.

CARDER-UNIVERSIDAD DE CALDAS (1993). Aspectos estratigráficos de las unidades del intervalo plioceno holoceno entre Pereira y Cartago. Propuesta de definición para la Formación Pereira. Tesis de grado en Geología. Manizales. 124p.

CIR (2005). Cuentas económicas del área metropolitana centro occidente 1990-2003. Pereira. 132 p.

DANE (2006). Colombia. Proyecciones de población. Estudios Censales.

IDEAM. Web actualizada 1 de mayo de 2006. Estudio nacional del agua. Documento en PDF. Disponible en: [www.ideam.gov.co/publica/index4.htm](http://www.ideam.gov.co/publica/index4.htm). Consulta efectuada el 1 de abril de 2006.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PEREIRA (1997). Estudios de evaluación de impacto ambiental del programa de agua potable y saneamiento de Pereira. Informe final. Beta Estudio s.r.l., Soil Water Structures, Engineering Services s.r.l. Documento en Multimedia.

\_\_\_\_\_ (2003). Informe de Gestión y Resultados 2003. Disponible en: [http://www.aguasyaguas.com.co/pag\\_Inf\\_Ins/index\\_corporativa.htm](http://www.aguasyaguas.com.co/pag_Inf_Ins/index_corporativa.htm). Consultada el 20 de marzo de 2006.

MORENO, J., ARANGO, O., OROZCO, J., ALZATE, A., ROJAS, B. & DÍAZ, C. (2006). *El impacto de los desastres, análisis desde el sector vivienda*. Pereira, Postergraph S.A.. 173 p.

OTÁLVARO, D., VÉLEZ, M. & ARIAS, G. (2006). “Definición de estrategias para la protección del recurso hídrico subterráneo en Pereira y Desquebradas”. CARDER, Pereira. Inédito. 7p.

PLANEACIÓN MUNICIPAL PEREIRA (2003). Plan de Ordenamiento Territorial, Primera revisión. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.

\_\_\_\_\_ (2004). Plan parcial macroyecto de vivienda “Ciudadela Gonzalo Vallejo Restrepo”. Ponencia presentada en el Foro Internacional sobre instrumentos de gestión del suelo y recuperación de plusvalías. Memorias en formato digital.

SAMPER, J. (2000). Diagnóstico de la situación actual y determinación de disponibilidad de material de construcción en la región afectada por el terremoto del Eje Cafetero. CARDER - CRQ. Documento en formato digital.

TORO, G. & HERMELIN, M. (1991). Proyecto tefraestratigrafía colombiana. II Etapa, tefraestratigrafía del departamento de Risaralda. Universidad EAFIT, Medellín. 120 p.

URIBE, F. (1990). Plan de ordenamiento, saneamiento ambiental y prevención de desastres en el río Otún. AGID Report No. 13. Environmental Geology and Natural Hazards of The Andean Region. p 513 - 526.

# Popayán

Adriana Agudelo Restrepo / John E. Granada Salazar

## Generalidades

Popayán fue fundada por Sebastián de Belalcázar en 1536, y es ahora una ciudad de 300 000 habitantes que se encuentra dominando el valle de Pubenza, con una altura de 1737 metros sobre el nivel del mar–msnm y con una temperatura media de 19 °C que genera un clima agradable. Está comunicada por el norte con Cali, por una carretera de 115 kilómetros con buenas características, por el sur Pasto, por una carretera de 240 que atraviesa el valle del Patía. Actualmente se adelanta la pavimentación de la carretera Popayán-San Agustín (Huila), que con la región de Tierradentro en el oriente del departamento del Cauca, conforman dos sitios arqueológicos representativos.

La ciudad hace parte importante de la historia de Colombia, reconocida por su valiosa arquitectura colonial representada por sus numerosas iglesias, museos y la Universidad del Cauca (fundada en 1827), que ocupan el centro histórico de la ciudad. Además se destacan sus procesiones de Semana Santa que existen desde hace cinco siglos y por ser cuna de próceres y científicos. Acorde con su condición de Ciudad Universitaria de Colombia, Popayán cuenta con una óptima infraestructura de establecimientos educativos y una adecuada red hotelera y de servicios.

El desarrollo poblacional de la ciudad está relacionado con antecedentes sociales, políticos, económicos e históricos del país.

Desde la Colonia hasta la República se caracterizó por un crecimiento lento y ordenado alrededor de la plaza principal, hoy llamada Plaza Caldas, y hacia el río Molino. Posterior al terremoto de 1983, Popayán vivió una gran actividad edificadora que no respondió a una verdadera planificación urbana, sino a una expansión asociada al gran número de inmigrantes que llegaron de otros sitios y ocuparon las zonas norte, noroccidente y nororiente.

La población de Popayán está repartida en un 91,3% en el área urbana y un 8,6% en el área rural.

La ciudad ha contado con ejes estructurantes para su crecimiento como son la carretera Panamericana que la comunica con Cali y Pasto, y más recientemente, la variante, que promovió la expansión fuera del perímetro urbano. Las áreas de expansión urbana alcanzan una extensión de 292,63 ha distribuidas en el nororiente (Lame) y noroccidente (San Bernardino y El Aljibe). (Municipio de Popayán, 2002). En la margen izquierda del río Cauca, se encuentra la actual malla urbana de la ciudad y en la margen derecha, una zona prevista para el futuro desarrollo urbanístico (figura 1).



## Condiciones climáticas y formaciones vegetales

La ciudad se encuentra en el piso térmico templado y su temperatura media anual es de unos 19°C. La formación vegetal o zona de vida predominante es de Bosque Muy Húmedo Premontano; el promedio de precipitación es de unos 2100 mm/año y la evaporación media de 1100 mm. El uso actual del suelo corresponde a asentamientos urbanos y a pastos en el resto del área municipal, con algunos relictos de bosque primario en las cabeceras y riberas de los cauces (CRC, Consorcio IRH, Hidrocero, 2002).

## Relieve, topografía e hidrografía

El municipio de Popayán tiene en su mayor parte un relieve ondulado, con zonas relativamente planas en una franja circundante al río Cauca que incluye el área urbana. Las altitudes varían entre unos 1675 a orillas del río Cauca en el extremo occidental, hasta unos 1850 msnm en las partes más altas del sector norte.

La principal corriente que drena la ciudad es el río Cauca, que la atraviesa en sentido oriente-occidente, y recibe varios tributarios el área urbana: en el sector sur, los ríos Molino y Ejido y las quebradas Pubús y Las Chozas, las cuales tienen una dirección predominante hacia el noroeste. En el sector norte, la hidrografía comprende las quebradas El Bosque y Piedras, ambas afluentes del río Cauca; el río Saté y sus afluentes, las quebradas Tafur, El Aljibe y Quitacalzón; además las quebradas La Paz y La Arboleda y la quebrada Carrizal, que se forma por la unión de las quebradas Chamizal y El Uvo y finalmente el río Blanco, con sus afluentes las quebradas Clarete y La Lomita (CRC, Consorcio IRH, Hidrocero, 2002).

## Hidrología subterránea

De acuerdo con CRC, Consorcio IRH, Hidrocero. (2002), el modelo hidrogeológico conceptual para la ciudad de Popayán y sus alrededores tiene las siguientes características: existe una primera unidad que constituye el basamento hidrogeológico y está integrada en su mayor parte por rocas del Miembro Julumito de la Formación Popayán. Esta unidad está compuesta de depósitos de flujos de ignimbrita (tobas vítreas soldadas), y puede considerarse como un material predominantemente impermeable, pero que puede convertirse en acuífero en los sectores donde se encuentra fracturado por fallas. La segunda unidad la constituye un acuífero cuaternario integrado por rocas de los Miembros La Venta y Caldon de la Formación Popayán, que son depósitos más recientes. El Miembro La Venta reposa discordantemente sobre el basamento hidrogeológico y cubre la mayor parte del área de estudio. En este miembro se hallan intercalaciones de gravas y arenas de origen probablemente aluvial, remanentes de arcillas y limos, todos ellos depositados entre diferentes eventos volcánicos. Los diferentes niveles acuíferos no tienen extensión lateral continua sino que se acuñan en algunos sectores y desaparecen en otros.

El balance hídrico señala que hay un remanente para infiltración y recarga de 279 mm anuales; este valor representa el 13 % de la precipitación anual. El acuífero se recarga a partir de los cauces superficiales y de la infiltración directa de la precipitación en zonas de suelos permeables.

Las zonas de descarga de agua subterránea a partir de los niveles acuíferos están limitadas a las márgenes del río Cauca en su parte más baja, a los aljibes y a unos pocos pozos profundos que existen en la actualidad.

### Geología y tectónica

De acuerdo con la cartografía geológica realizada por Ingeominas (Orrego y París, 1991; Torres et al., 1992), el municipio de Popayán yace principalmente sobre unidades de rocas metamórficas Paleozoicas del Complejo Arquía y secuencias volcánicas de lavas, piroclastos de composición andesítica y dacítica (Miembro Polindara), depósitos de flujos de ceniza y bloques (Miembro Sombrerillo), depósitos de flujos de ignimbritas de Julumito y río Hondo (Miembro Julumito), flujos de ceniza y pómez (Miembro Cajibío), flujos de escombros (Miembro Palacé) y depósitos de flujos de ceniza y ceniza de caída (Miembro La Venta); todos ellos conforman la Formación Popayán de edad Terciario-Cuaternario. Se presentan además depósitos recientes de flujos de lodo y depósitos aluviales de los ríos Molino, Cauca, Ejido y la de quebrada Pubús (figura 2).

La tectónica regional del suroccidente colombiano, se enmarca en la zona de convergencia entre las placas de Nazca y el Bloque Andino, cuyos esfuerzos resultantes están asociados a fracturamientos que reflejan los movimientos de los sistemas de falla de Romeral, Cali-Patía y otras con dirección este-oeste, que afectan tanto el sector montañoso como la planicie de Popayán (Ingeominas & CEE, 1992). El sistema de Romeral, con dirección noreste comprende, entre otras, las fallas de Paispamba, Las Estrellas, El Crucero, Popayán, Rosas-Julumito, La Tetilla y Mosquerillo. El sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983 tuvo su epicentro en la falla Rosas-Julumito, a 15 km al noroccidente de Popayán.

### Geomorfología

Según los estudios de Ingeominas & CEE (1992), el municipio de Popayán se encuentra localizado en un sector privilegiado de la meseta o altiplano de Popayán, conocido como valle de Pubenza, y limitado por el flanco occidental de la cordillera Central y el flanco oriental de la cordillera Occidental; el valle fue rellenado por diversas secuencias de rocas volcano-sedimentarias y depósitos fluviales. Se destacan algunas geoformas asociadas a las características litológicas y estratigráficas como son colinas y planicies aluviales. Al oriente se destaca la unidad de colinas bajas y redondeadas y al occidente las planicies de pendientes suaves, disectadas por los ríos Hondo, Cauca y Palacé. Sobre estas unidades se presentan expresiones asociadas a la actividad tectónica del Sistema de Fallas de Romeral (escarpes y líneas de fallas) (Ingeominas & CEE, 1992).

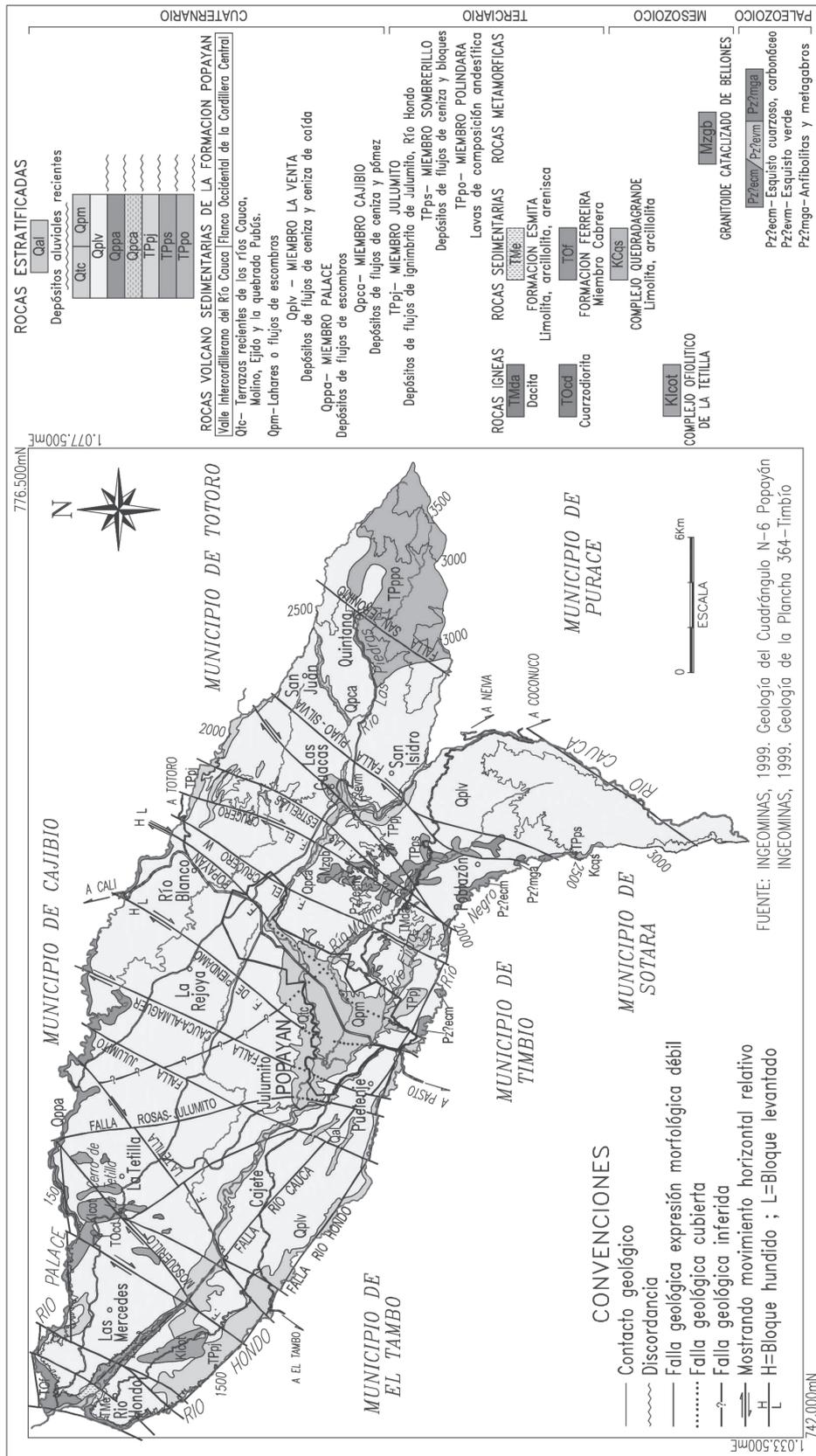


Figura 2. Mapa geológico generalizado del municipio de Popayán (tomado del POT-Popayán, 2002)

## Aspectos económicos y ambientales

### Actividades económicas

En Popayán, las principales actividades económicas están asociadas con los sectores de comercio y de servicios en su parte urbana y agropecuario (ganadería extensiva) en el área rural. La industria existente está representada por la producción de alimentos y lácteos, la editorial y pequeñas empresas del sector metalmeccánico. Las actividades comerciales se centran en el intercambio de productos regionales y en la comercialización de elementos de consumo, últimamente basada en establecimientos pertenecientes a cadenas nacionales de almacenes. En el sector de servicios se destacan la administración municipal y departamental, los establecimientos educativos, la banca y el transporte. Popayán, además de ser la sede de la gobernación departamental y de institutos de orden nacional con representación en el Cauca, es un centro educativo de primer orden en el suroccidente colombiano. Los principales componentes de la red nacional de servicios bancarios tienen asiento en Popayán y en esta ciudad confluye la infraestructura de transporte terrestre y aéreo regional, lo cual genera una particular dinámica al sector (POT-Popayán 2002).

### Materiales de construcción

Entre los materiales de construcción que se explotan en la ciudad de Popayán se encuentran los agregados pétreos y las arcillas. Los agregados se obtienen principalmente de las canteras ubicadas en las veredas PISOJÉ Alto y Bajo, La Tetilla y La Yunga, y los materiales de arrastre se extraen de los ríos Cauca, Palacé, Molino y Hondo. Se explotan igualmente arcillas producto de la meteorización de las rocas volcánicas de la Formación Popayán, que son catalogadas como plásticas y aptas para uso en cerámica; los depósitos se encuentran en Popayán y en las veredas Yanaconas-Pueblillo (al oriente), Las Chozas (al occidente) y Calicanto (al sur). La explotación se hace a cielo abierto, a un nivel de subsistencia y es la base para la fabricación de tejas, baldosas, ladrillos, elementos tradicionales en la arquitectura local. En cuanto a las reservas probables, se estima que en el sector de Calicanto son del orden de 900 000 toneladas y para Las Chozas de 300 000 toneladas. (Comunicación verbal, ingeniero Antimo Tandioy; Ingeominas, 1999).

### Abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua se hace a través de la red operada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán que tiene tres bocatomas: una en el río Las Piedras, captando un caudal de  $850 \text{ ls}^{-1}$ , la segunda en el río Molino con un caudal de  $150 \text{ ls}^{-1}$ , y la tercera del río PISOJÉ, con un caudal de  $120 \text{ ls}^{-1}$ . El sistema opera en su mayoría por gravedad, y es necesario un bombeo desde la planta de El Tablazo, al tanque ubicado en el barrio La Paz, que distribuye el agua en la zona norte de Popayán o Alto Cauca. En términos generales el agua es de buena calidad y las pérdidas técnicas son cercanas al 45% (Comunicación verbal, ingeniero Mauricio Ramírez).

### Tratamiento de los residuos sólidos

La ciudad cuenta con el relleno sanitario El Ojito, que se encuentra ubicado al pie de la carretera al Tambo, a una distancia de 3 km del límite urbano. Tiene

un área disponible de 11,18 ha. En este sitio se disponen 180 toneladas diarias de residuos; además, de manera parcial, se realiza una selección previa en la fuente, así como el manejo separado de los residuos hospitalarios. El relleno tiene una vida útil hasta el año 2010; la operación se hace por disposición de los residuos en celdas previamente revestidas con geomembrana, que son cubiertas diariamente. Se cuenta en el sitio con canales perimetrales para recolección de lixiviados y planta de tratamiento para los mismos (Collazos, 2001).

#### Contaminación urbana, plantas de tratamiento

La ciudad de Popayán cuenta con un Plan de Descontaminación Hídrica elaborado en el año 2000, por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) y el Instituto Cívara adscrito a la Universidad del Valle; este estudio contempla la construcción de interceptores marginales a ríos y quebradas que atraviesan el casco urbano, tales como la quebrada Quitacalzón en el norte de la ciudad, el río Molino y Ejido en el sector centro y quebrada Pubús en el occidente, además interceptores paralelos al río Cauca en su recorrido por la ciudad. La CRC ha invertido más de 9000 millones de pesos en este plan, que actualmente se encuentra en su parte final de estudio y diseño de la planta de tratamiento de aguas para la cabecera municipal, que se construirá en un área determinada en el plan parcial de la hacienda Chune. En cuanto al matadero municipal, aunque posee una planta de tratamiento, se requiere mejorar la calidad del efluente que vierte al río Ejido. La contaminación por parte del sector industrial es mínima (comunicación verbal, ingeniero Mauricio Aguirre).

#### Amenazas naturales

El municipio de Popayán ha sufrido los efectos de sismos, inundaciones, erupciones volcánicas, vendavales, incendios forestales y estructurales, granizadas, contaminación hídrica, deslizamientos, explosiones de pólvora, etc.

De acuerdo con sus efectos sobre la ciudad, se consideran como los de mayor riesgo: los sismos, las inundaciones, los deslizamientos, los accidentes vehiculares y las emergencias por escapes de gas. En general, cuando se presenta alguno de estos fenómenos resultan afectadas un gran número de personas, lo que motivó al Comité Local para la Prevención de Desastres (CLOPAD) con el apoyo de las instituciones y organismos de socorro, a la Formulación del Plan General de Emergencias del Municipio de Popayán, con el objeto de identificar y evaluar las amenazas del municipio así como desarrollar programas de prevención frente a cualquier situación de emergencia o desastre; el plan fue publicado en julio de 2003.

En el Plan de Ordenamiento Territorial de Popayán (Municipio de Popayán, 2002), se incluye un panorama general de las amenazas naturales y antrópicas del municipio y mapas preliminares para la zona rural a escala 1:50 000 y para la zona urbana a escala 1:10 000, donde se señalan las áreas afectadas por los fenómenos identificados. De acuerdo con análisis estadísticos, los eventos de mayor frecuencia corresponden a las inundaciones con el 44% de los reportes, le siguen los incendios con el 42% y los deslizamientos con el 3.9%. Los sitios más vulnerables a la ocurrencia de las inundaciones corresponden a los barrios ubicados en las riveras de los ríos Cauca, Molino, Ejido y quebrada Pubús (figura 3).

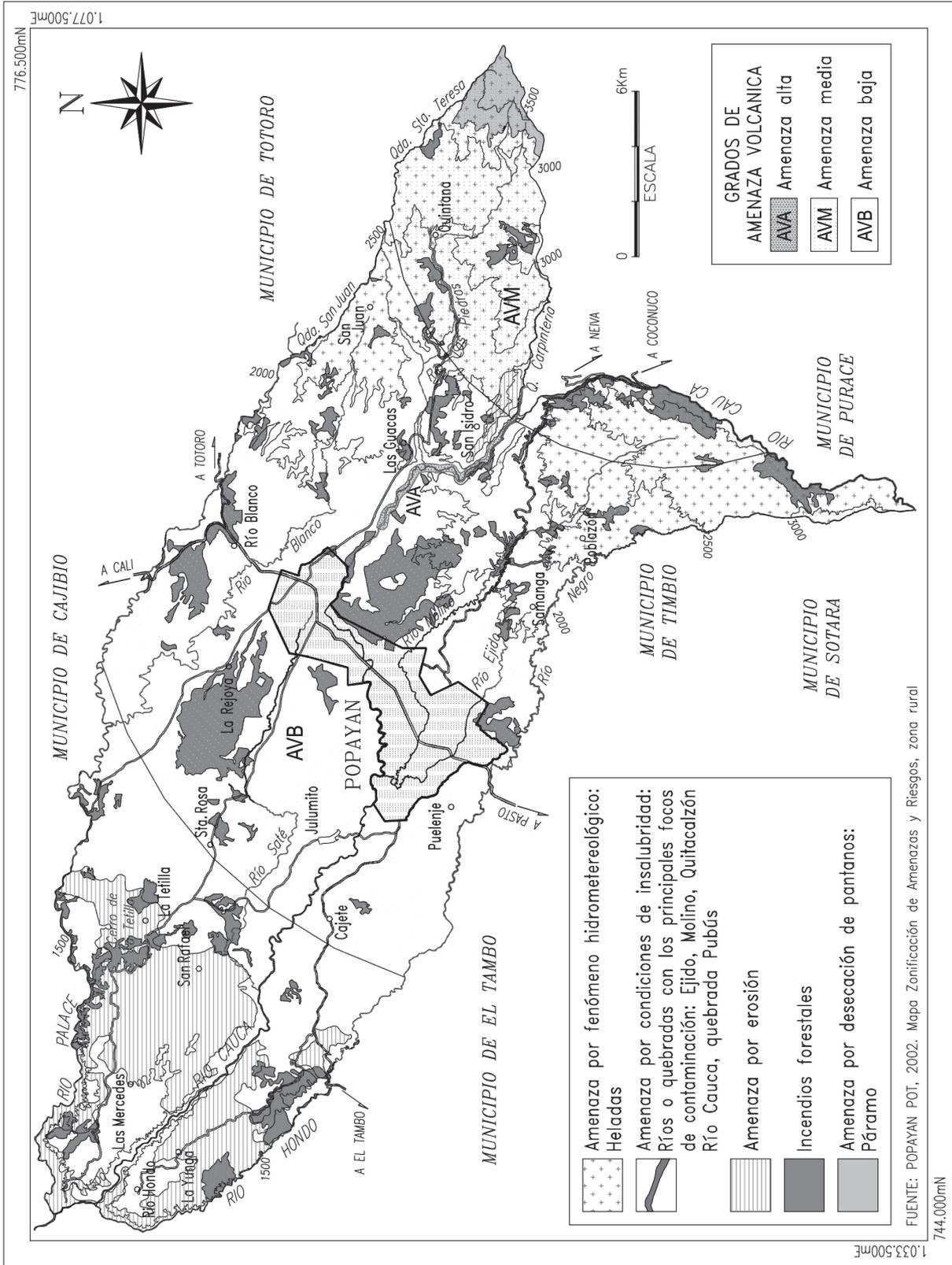


Figura 3. Mapa de zonificación de amenazas por fenómenos superficiales del municipio de Popayán (tomado del POT-Popayán, 2002)

### Amenaza sísmica

A lo largo de su historia la ciudad de Popayán ha sido afectada por varios sismos: en 1751, 1878, 1885; otros tuvieron intensidades más altas como el de 1736 y el del 31 de marzo de 1983, conocido este último como el sismo de Popayán, cuyo epicentro se localizó a 15 km al occidente de la ciudad, con una profundidad similar y una magnitud de 5,5, con elevadas intensidades locales. Este sismo ocasionó la muerte de 300 personas, más de 1000 heridos y los daños se calcularon en 400 millones de dólares (precios de 1983), por lo cual se generó en el país una preocupación por el desarrollo del Código de Construcciones Sismorresistentes, que tuviera en cuenta las condiciones propias y la implementación de una red sismológica nacional (Ingeominas & CEE, 1992).

Popayán fue la primera ciudad de Colombia en contar con un estudio de microzonificación sismogeotécnica del área urbana, que fue realizado por un equipo multidisciplinario de expertos del BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, de Francia), Ingeominas y profesionales particulares. El estudio se realizó entre 1988 y 1992. Se determinó la microzonificación de la ciudad en cuatro zonas en función de las respuestas de sus suelos

Zona A: suelos blandos ubicados en la parte central de la ciudad.

Zona B: corresponde a suelos intermedios y cubre la parte occidental de la ciudad y norte desde el río Cauca.

Zona C: corresponde a suelos blandos de poco espesor sobre aluviones cercanos al río Cauca, al norte de la ciudad.

Zona D: que involucra las áreas de colinas de los alrededores de la ciudad.

En la actualidad la ciudad ha tenido un crecimiento notable hacia la periferia; en consecuencia el Plan de Ordenamiento Territorial de 2002 definió tres áreas de expansión que se encuentran fuera del estudio de microzonificación de 1992. La administración municipal reconoce la importancia de ampliar el estudio, teniendo en cuenta que el país ha avanzado en la aplicación de técnicas más especializadas y además porque la ciudad cuenta actualmente con una red de cinco acelerógrafos y con el registro de sismos ocurridos en el nivel regional y local (figura 4).

### Amenaza volcánica

De acuerdo con el mapa de amenaza volcánica del volcán Puracé, Popayán se encuentra dentro de la zona de amenaza baja, los fenómenos de mayores consecuencias son las emisiones de ceniza y los flujos de lodo (Monsalve y Pulgarín, 1993).

### Amenaza por deslizamientos

Según el POT de Popayán de 2002, los fenómenos de inestabilidad se presentan tanto en sectores rurales como urbanos del municipio. Los principales factores detonantes están asociados con el mal manejo de las aguas servidas y de escorrentías, las fuertes pendientes, los sismos, la deforestación y los períodos de fuertes lluvias. En la zona urbana se tienen identificados los sectores donde periódicamente se reactivan este tipo de fenómenos: sector bajo del barrio Samuel Silverio Buitrago, barrio María Oriente, vía al Huila y rondas de los ríos Cauca y Ejido (figura 5).

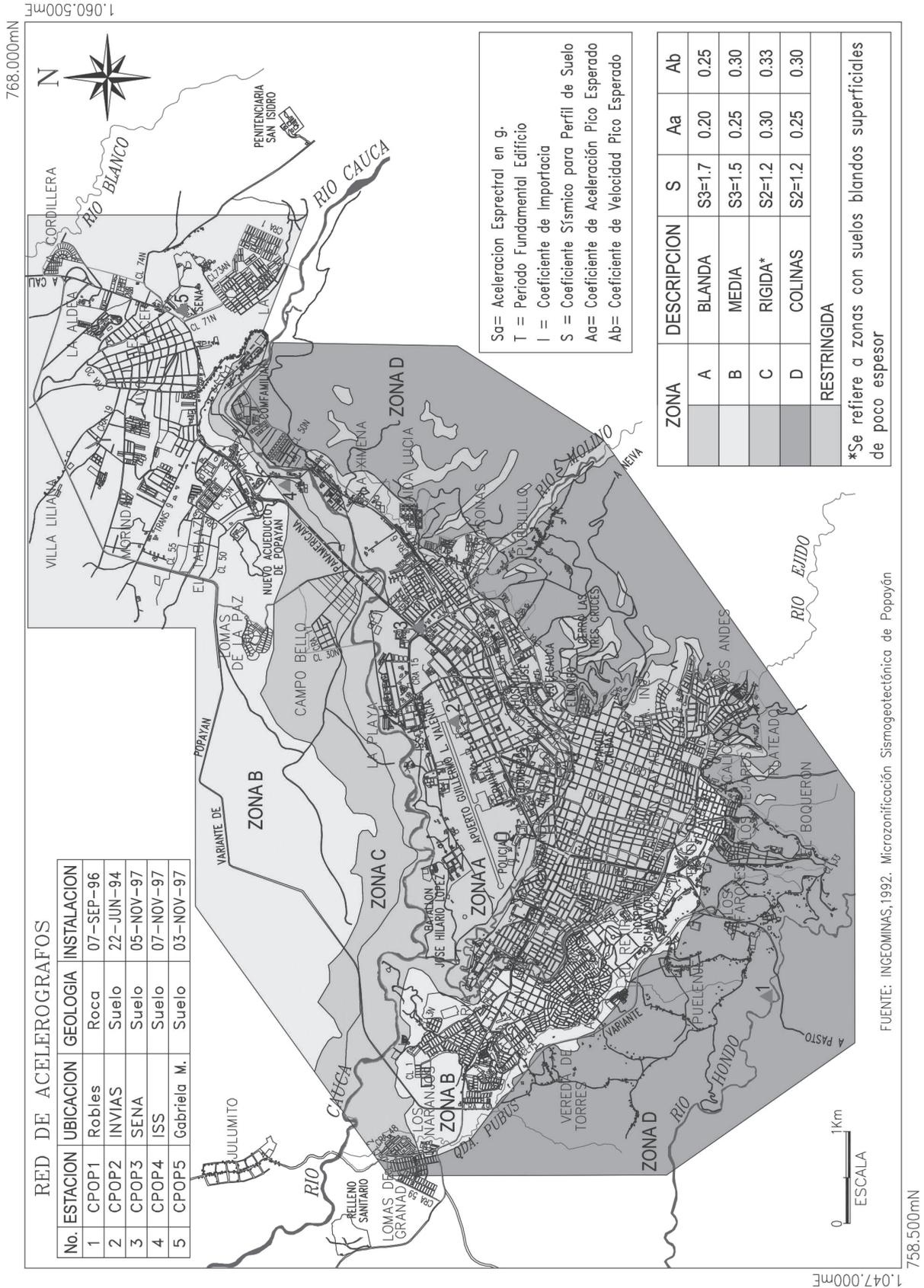


Figura 4. Mapa de microzonificación sísmica de Popayán (tomado del POT-Popayán, 2002)

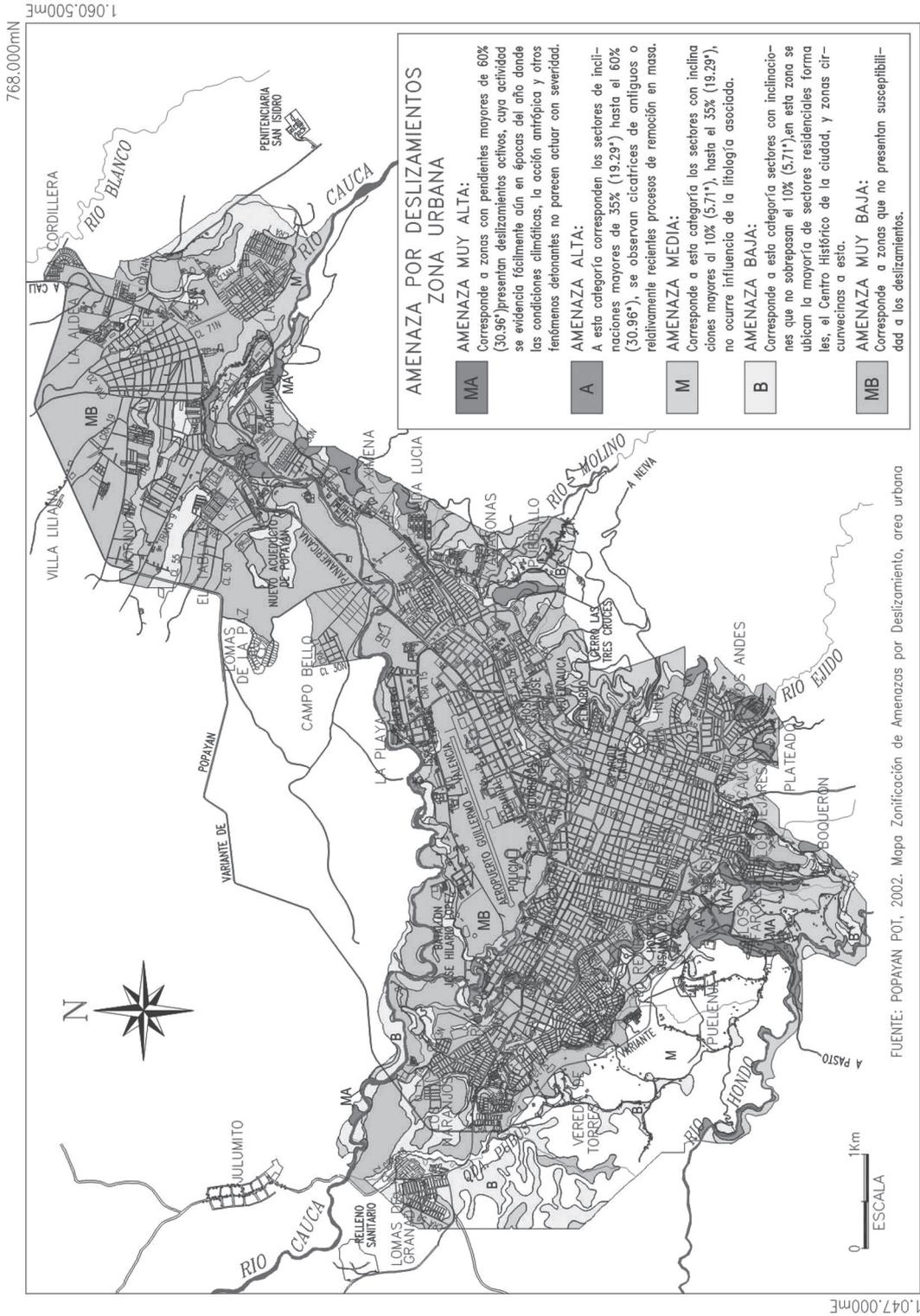


Figura 5. Mapa de zonificación de amenaza por deslizamiento en el área urbana de Popayán (tomado del POT-Popayán, 2002)

### Amenaza por inundación

Las inundaciones se destacan como el evento de mayor incidencia dentro del área urbana, en los sectores donde están ubicados los asentamientos subnormales (figura 6). Se tienen registros de inundaciones periódicas que han dejado pérdidas de vidas humanas y materiales y que han sido ocasionadas por obstrucción de los cauces por desechos sólidos, vertimiento de aguas lluvias y servidas, favorecidas además por la construcción de viviendas cerca de los cauces. Se destacan los eventos ocurridos en el río Molino (1938, 1999, 2000), río Ejido (1993, 1999) y quebrada Pubús (2000, 2003, 2004, 2005) (Betancourt y Clavijo, 2004).

Ya que en la microcuenca de la quebrada Pubús se encuentran asentados alrededor de 6000 habitantes, se han realizado estudios que determinan que la vulnerabilidad de estas comunidades se incrementa con el deterioro de su entorno, pero el grado de adaptación a las difíciles condiciones del medio y la urgencia por resolver sus necesidades básicas hace incrementar el nivel de riesgo (Zemanate y Galarza, 2005).

### Aspectos reglamentarios

El Plan de Ordenamiento Territorial de Popayán fue aprobado mediante los acuerdos 06 y 07 de 2002, con una vigencia para tres períodos de gobierno municipal, con el objetivo principal de armonizar el desarrollo social, económico y político, mediante un reconocimiento del territorio. Es la carta de navegación que señala las acciones para el mejoramiento de la calidad urbana y rural y el rumbo de la destinación de los recursos para tal fin.

El área urbana de Popayán se encuentra dividida en nueve comunas que alcanzan una extensión de 2725 ha; en cada una de ellas se identificaron y priorizaron los proyectos de tipo residencial, de protección, de recreación y de servicios que permitan su desarrollo armónico con el medio.

La zona rural alcanza una extensión de 45 586 ha, conformada por 23 corregimientos en los cuales se delimitaron las áreas de conservación y protección, cuencas hidrográficas y tratamiento especial; igualmente se formuló el Plan de Atención Rural (mejorar la comercialización y producción) con el que se pretende el desarrollo de las actividades agroindustriales y de los sectores pecuario, avicultura, porcicultura y forestal (Municipio de Popayán, 2002).

### Conclusiones y recomendaciones

- La ciudad de Popayán es un importante centro político y administrativo del suroccidente colombiano, que cuenta con un clima agradable así como de un entorno paisajístico que la hacen un importante polo de atracción turística y un centro del desarrollo local y regional. Su excelente infraestructura vial que la comunica con el Valle del Cauca, sur del país y el norte del Ecuador permite que sea tránsito obligatorio de bienes hacia el occidente y centro del país.
- La topografía plana, las suaves pendientes de la ciudad y de su entorno, se encuentran modeladas por un sistema de drenaje dominado por el río Cauca y sus tributarios, que en algunos sectores de la meseta presentan una fuerte disección.

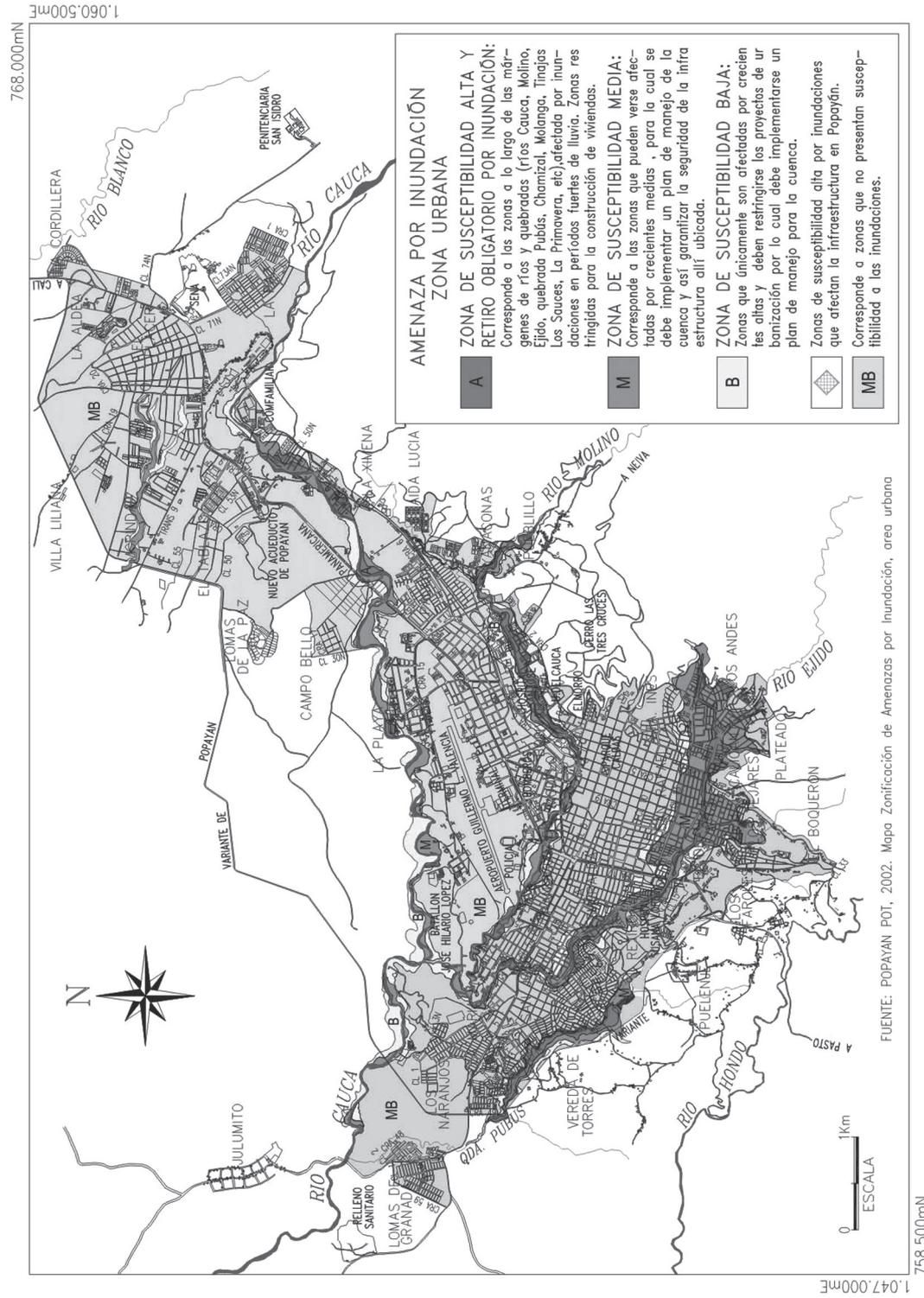


Figura 6. Mapa de zonificación de amenaza por inundación en el área urbana de Popayán (tomado del POT-Popayán, 2002)

- El marco geológico de la ciudad lo conforman básicamente rocas metamórficas paleozoicas del grupo Arquía y rocas volcánicas de la Formación Popayán, de edad Terciario-Cuaternario.
- Algunos depósitos de origen volcano-sedimentario del valle interandino poseen potencialidades como acuíferos, tratándose básicamente de los miembros La Venta y Julumito de la Formación Popayán. Los rendimientos son discretos con caudales de 8 -10 ls<sup>-1</sup>.
- La extracción de materiales para la construcción es adecuada para las necesidades locales en términos de volúmenes y calidad, exceptuando los materiales de arrastre.
- El abastecimiento de agua se encuentra garantizado y los sitios de las captaciones, principalmente en el río Las Piedras, que provee los mayores caudales, se encuentran debidamente monitoreados y protegidos.
- El relleno sanitario El Ojito funciona adecuadamente, pero desde ahora se hace necesario establecer una nueva ubicación para proveer la disposición de mayores volúmenes de desechos sólidos de una ciudad en rápida expansión y crecimiento.
- Una vez se haya construido la planta municipal de tratamiento de aguas residuales, será notoria la disminución en la contaminación por este tipo de vertimientos en el río Cauca, lo que mejorará la calidad de vida de poblaciones que se localizan aguas abajo de éste, entre ellas la ciudad de Santiago de Cali.
- La economía de la ciudad de Popayán, se encuentra básicamente relacionada con la transacción de bienes y servicios así como lo relacionado con la captación de dineros por parte de las entidades financieras que hacen presencia en la ciudad. Es escasa la participación del sector industrial y manufacturero, se destacan estas actividades en el norte del departamento, particularmente en los municipios de Caloto, Villarrica y Santander de Quilichao.
- Las fuentes hídricas importantes como son los ríos Cauca, Molino, Ejido y quebrada Pubús presentan problemas de contaminación y degradación ambiental y están consideradas dentro del Mapa de Amenaza del POT-Popayán como zonas de riesgo ante la amenaza por inundación.
- Las amenazas naturales que más ocurren en la ciudad son principalmente los sismos, las inundaciones y los deslizamientos.

## Bibliografía

AGUIRRE, M. (2006). Comunicación verbal, Ingeniero Corporación Autónoma Regional del Cauca-CRC, 31 de noviembre.

ALCALDÍA DE POPAYÁN (2003). Plan para la atención de emergencia en el municipio de Popayán, Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres-CLOPAD, Popayán, p. 1-83.

BETANCOURT, J. Y CLAVIJO, T. (2004). *Aplicación de instrumentos metodológicos para el reconocimiento de eventos amenazantes de origen antrópico y natural en el área urbana del municipio de Popayán*. Tesis de grado, Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Humanas y Sociales, Programa de Geografía del Desarrollo Regional y Ambiental, Popayán, 107 p.

COLLAZOS, H. (2001). "Relleno sanitario El Ojito". Informe de la Corporación Autónoma Regional del Cauca-CRC, Popayán, 5 volúmenes.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC-INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO EN ABASTECIMIENTO DE AGUA, SANEAMIENTO AMBIENTAL Y CONSERVACIÓN DEL RECURSO HIDRÍCO-CINARA (2000). Plan de descontaminación hídrica de la ciudad de Popayán 2000-2001, Informe Interno CRC.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC, IRH, HIDROCERON (2002). Evaluación hidrogeológica de los acuíferos en la meseta de Popayán. Informe CRC, Popayán, volúmenes.

INGEOMINAS, COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA-CEE (1992). "Microzonificación sismogeotécnica de Popayán". Publicación especial del Ingeominas, número 2, p. 1-224

INGEOMINAS (1999). Inventario minero del departamento del Cauca. Santafé de Bogotá, p. 1-83.

MONSALVE, M. L. Y PULGARÍN, B. (1993). Mapa preliminar de amenazas volcánica potencial del volcán Puracé. Ingeominas. Publicación Especial No. 2. p. 2003.

MUNICIPIO DE POPAYÁN (2002). Plan de Ordenamiento Territorial de Popayán (POT), Tres Volúmenes. Popayán.

RAMÍREZ, M. (2006) Comunicación verbal. Ingeniero Corporación Autónoma Regional del Cauca-CRC, 1 de noviembre de 2006.

ORREGO, A. & PARÍS, G., (1991). Cuadrángulo N-6, Popayán: "Geología, geoquímica y ocurrencias minerales", Ingeominas, Bogotá. p.

TANDIOY, ANTIMO (2006) Comunicación verbal. Ingeniero Corporación Autónoma Regional del Cauca-CRC, 2 de noviembre de 2006.

TORRES, M.P. et al. (1992). "Geología y estratigrafía de la Formación Popayán". Ingeominas. Popayán, p. 1-83.

ZEMANATE, J. Y GALARZA, J. (2005). *Estudio de vulnerabilidad por inundación en el área urbana del municipio de Popayán. (Zona piloto quebrada Pubús)*. Tesis de grado, Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Humanas y Sociales, Programa de Geografía del Desarrollo Regional y Ambiental, Popayán, 87p.



# Santa Marta

Blanca Oliva Posada Posada

La ciudad de Santa Marta fue fundada por Rodrigo de Bastidas en 1525, quien acompañado por 200 españoles y varios aborígenes, levantó el acta de constitución de la ciudad que sirvió de puerta de entrada de la conquista y la colonia a nuestro país (Bermúdez, 1997).

La ciudad sufrió ataque, saqueo e incendio de los piratas en más de 19 ocasiones; sin embargo, el centro histórico aún conserva el marco natural de la bahía, su estructura urbana y algunas plazas e inmuebles ahora en proceso de recuperación.

Fue erigida como Distrito Turístico, Cultural e Histórico (DTCH) en 1989, condición ratificada en la Constitución de 1991 (art. 328) y en la Ley 768 de 2002, la cual establece obligaciones y competencias a la ciudad en el manejo de los recursos ambientales y los ecosistemas, así como en el ordenamiento territorial y la configuración de una zona metropolitana entre Cartagena, Barranquilla y Santa Marta (Universidad del Magdalena, 2006).

El área municipal, además de la ciudad de Santa Marta, está conformada por los corregimientos de Bonda, Gaira, Mamatoco, Minca y Taganga; las inspecciones de Calabazo, Don Diego, El Campano, Guachaca, La Tagua y los caseríos de Buritacá, La Quinina, Puerto Nuevo, El Yucal y Tigrera.

La naturaleza del territorio de Santa Marta explica la existencia de dos parques nacionales naturales que cubren el 53% del área: el parque natural Tairona, con 12 000 ha terrestres y 3000 marinas, y la sierra nevada de Santa Marta, de carácter subregional, con una extensión de 113 396 ha (CORPES 1998 en: Universidad del Magdalena, 2006).

## Entorno biofísico

### Localización

Santa Marta, capital del departamento del Magdalena, se localiza al norte de Colombia, bordeando el mar Caribe por el norte y el occidente, las estribaciones de la sierra nevada de Santa Marta (SNSM) por el oriente y el antiguo delta del río Magdalena, con su ciénaga grande de Santa Marta (CGSM), por el sur. Ocupa un área de 2393 km<sup>2</sup> y sus límites políticos son: al sur los municipios de Ciénaga y Aracataca y al oriente los departamentos de La Guajira y Cesar. La ciudad está localizada a 11°15' de latitud norte y 74°14' de longitud oeste, en el sector oriental de la bahía del mismo nombre; su forma sigue su contorno semicircular, con un diámetro de 7 km y una altura promedio de 5 metros sobre el nivel del mar–msnm.

### Topografía

La zona costera se inicia en la desembocadura del río Palomino, en inmediaciones al cabo de San Agustín; a partir de allí se presentan tierras altas que conforman acantilados de diferente altura, cortados por valles aluviales de los principales ríos que descienden de la Sierra, así como bahías y ensenadas limitadas por salientes rocosas a manera de cabos.

Sobresalen de norte a sur el cabo San Juan de Guía y las ensenadas del parque Tairona: Guachaquita, Cinto, Neguanje, Gairaca, Chengue y Bahía Concha; le siguen el cabo de La Aguja e isla Aguja, la bahía de Taganga, punta Betín que limita la bahía de Santa Marta al norte y en la cual sobresale un islote de 65 m de alto conocido como el morro de Santa Marta, en donde se encuentra el faro guía para la navegación. Hacia el sur están punta Gaira y la bahía de Gaira en donde se localiza el balneario de El Rodadero y por último punta Gloria, a partir de la cual la costa es una playa extendida hasta la ciénaga grande.

Hacia el interior se alza la sierra nevada, que alcanza alturas de hasta 5775 m en el pico Colón, la altura máxima del territorio colombiano. Algunos cerros aislados se localizan en el piedemonte y la llanura costera; dentro del área urbana se mencionan los cerros de San Fernando, La Llorona y Las Tres Cruces, que alcanzan alturas máximas de 300 m.

### Clima

Las condiciones topográficas descritas propician una gran variedad de climas, desde el nivel, pasando por el páramo, frío, templado hasta el cálido y seco de la ciudad de Santa Marta. En los primeros doscientos metros de altura, la temperatura media es de 29°C, para luego llegar a 26°C en las primeras estribaciones de la SNSM. Entre 700 y 800 m de altura comienza la región cafetera, que es una transición entre la zona caliente y la templada; la humedad relativa promedio es del orden del 77%.

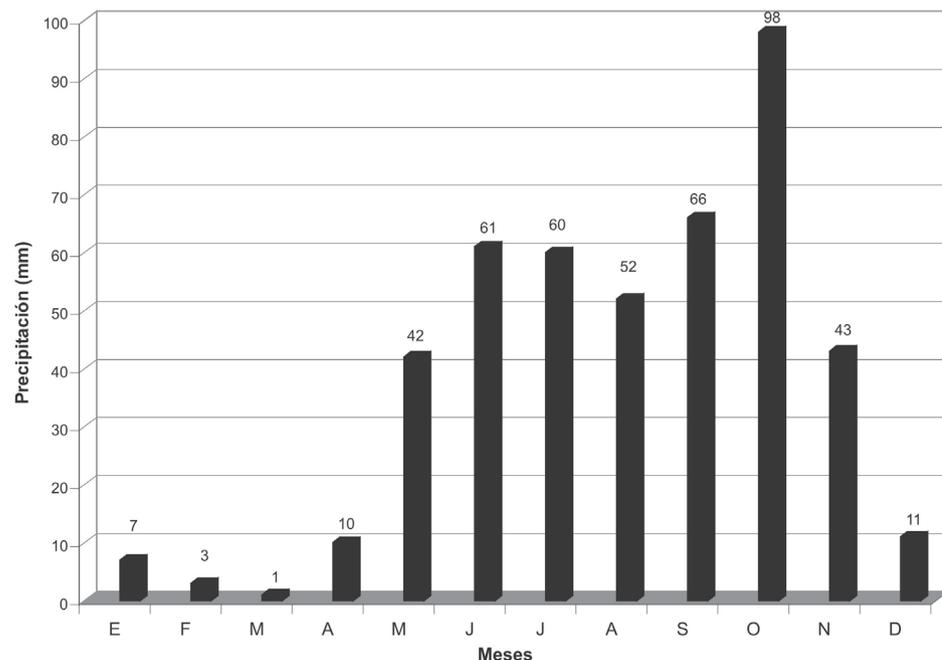


Figura 1.  
Precipitación media mensual multianual (1961-1990). Aeropuerto Simón Bolívar, Santa Marta. (IDEAM, 2005)

Para la ciudad de Santa Marta la temperatura media es de 29°C y extremas de 23 a 34°C; durante el día se presenta un aire saturado de brisa marina que arrastra y acumula las nubes en la sierra produciendo sequedad a su paso por la zona costera; en las tardes baja de la sierra un aire que refresca la bahía.

El municipio presenta una precipitación bimodal, con lluvias en abril o mayo y octubre-noviembre, el mes más lluvioso es octubre. La temporada seca comienza en diciembre y se extiende hasta marzo; hacia mediados de junio comienza el denominado veranillo de San Juan que puede extenderse hasta julio (figura 1). La precipitación anual varía en un rango de 250 mm hasta los 4000 mm en el piso térmico frío de la sierra nevada; para la ciudad de Santa Marta la precipitación media anual es de 453 mm.

Vegetación

En la SNSM se encuentra, en un espacio relativamente reducido, la flora de los trópicos americanos; todavía se encuentran maderas muy finas como el cedro, el comino, la caoba, el roble, el granadillo, el gualanday, el carrito y el guayacán; plantas gramíneas, guadua, agaves, helechos, diversas clases de orquídeas, frailejones y ciertas algas y líquenes en los nevados (Vinalesa, 1952).

Bordeando la SNSM al norte se encuentra vegetación de bosque seco o subxerofítico, conformado por arbustos espinosos, que crecen en suelos lateríticos y cardonales de cactáceas arboriformes, adaptados a unas condiciones de sequía mayor y salinidad, que se encuentran en los alrededores de Santa Marta y en la zona de Bahía Concha. Actualmente estos bosques se hallan muy degradados (CORPAMAG, 2005a; Espinal y Montenegro, 1963).

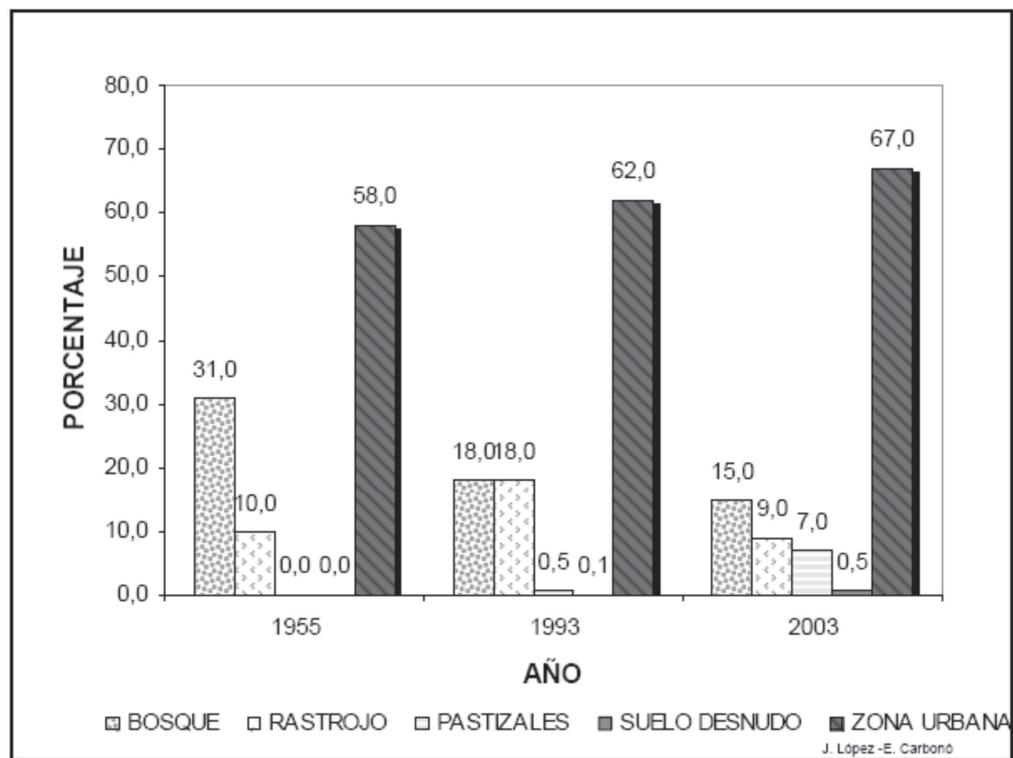


Figura 2. Cambios en la cobertura vegetal de los cerros tutelares de Santa Marta. (tomado de López y Carbonó, 2005).

En los cerros tutelares de Santa Marta y los que separan esta bahía y la de Taganga, la cobertura vegetal corresponde a bosques y matorrales con caracteres xeromórficos, debido a la baja precipitación. Es notoria la desaparición del bosque primario sub-xerofítico típico de esta zona, para dar paso a rastrojos y pastizales, como se aprecia en la figura 2 (López y Carbonó, 2005). La zona urbana pertenece a la formación vegetal monte espinoso Sub Tropical, según la clasificación de Holdridge.

#### Drenaje

En cuanto a la red de drenaje, las cuencas que bañan el municipio de Santa Marta nacen en la ladera septentrional de la Sierra Nevada, y luego de un recorrido relativamente corto, desembocan en el mar Caribe. Se destacan los siguientes ríos, de los cuales bañan directamente a la ciudad de Santa Marta los ríos Manzanares y Gaira (tabla 1):

Tabla 1. Ríos que bañan el municipio de Santa Marta.  
(Modificado de CORPAMAG, 2005)

Principales ríos	Área de la cuenca km <sup>2</sup>	Caudal promedio m <sup>3</sup> /s	Longitud km	Nacimiento
Río Palomino	684	25,9	68,2	Pico Codazzi,
Río Don Diego	536,8	36,1	55,1	Alto La Cumbre
Río Buritaca	305		50,3	Cerro Corea
Río Mendihuaca	60	2,5	12,6	El Boquerón
Río Guachaca	267,9	14,8	44,6	Flanco NO cuchilla San Lorenzo
Río Piedras	162,1	5,5	59,9	Flanco NO cuchilla San Lorenzo
Río Manzanares	189,6	2,7	32,5	Cuchilla de San Lorenzo a 2300 / mar Caribe
Río Gaira	104,64	2,5	32,3	Cuchilla de San Lorenzo a 2750 / mar Caribe

#### Aguas subterráneas

Santa Marta cuenta con fuentes para abastecer aproximadamente el 40% de la ciudad; son tres acuíferos interconectados entre sí: el de los ríos Gaira y Manzanares y el Tamacá.

El acuífero de Santa Marta se encuentra limitado por las estribaciones de la sierra nevada de Santa Marta, excepto al accidente, donde limita con el mar Caribe. Tiene una superficie de aproximadamente 48 km<sup>2</sup> y un volumen de 1532 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales sólo 193 millones de m<sup>3</sup> es agua. La profundidad promedio del acuífero es de 32 m y alcanza una profundidad máxima 114 m en la parte oeste de la ciudad. Su explotación por parte del acueducto es de 426 lps y de los particulares de 127 lps, lo que equivale a un 9,03% del agua almacenada en el subsuelo (Toledo y Díaz-Granados, 1995; Corrales y Arrieta, 2005).

El mayor aporte en el balance hídrico lo realizan los ríos que bajan de la sierra, los cuales disponen de un caudal máximo promedio de 9,1 m<sup>3</sup>/s. De esta manera los caudales de recarga son para infiltración directa e indirecta de 511 lps y la infiltración superficial de 245 lps, para un total de 756 lps (Toledo y Díaz-Granados, 1995; Corrales y Arrieta, 2005).

#### Geología

La ciudad de Santa Marta se localiza en su mayor parte sobre formaciones cuaternarias poco consolidadas que corresponden a la parte baja y plana; la zona montañosa del municipio está constituida por basamentos metamórficos paleozoicos y formaciones del Cretácico-Terciario, con plegamientos pleistocénicos, que desde finales del Terciario culminaron su altura actual (Alcaldía de Santa Marta, 2004) (figura 3).

La composición del litoral rocoso en los sectores de Gaira, Santa Marta y sur del parque Tairona está dominada por esquistos de composición glaucofánica y anfibolítica, de las unidades geológicas Esquistos del Gaira y Formación Concha, del Cretácico superior al Terciario inferior, mientras que en el sector norte del parque Tairona y los sectores medios de las cuencas predominan batolitos y stocks como el de Santa Marta compuesto de tonalitas, monzonitas y granodioritas terciarias, que intruyen las rocas metamórficas. Las rocas graníticas presentan altos grados de meteorización (hasta 10 m) como consecuencia de la agresividad del clima, el alto grado de fracturamiento asociado a la traza de la Falla de Oca, las fuertes pendientes y la alta concentración de humedad (IDEAM, 2000)

La estribación noroccidental de la sierra nevada de Santa Marta está formada en mayor extensión por complejos de rocas metamórficas como anfibolitas, metadiabasas, mármol, cuarcitas y esquistos grafiticos de edad paleozoica. Hacia el suroccidente se encuentran depósitos cuaternarios de arenas, gravas y arcillas provenientes del flanco noroccidental de la sierra y están asociadas al cauce aluvial de los ríos Gaira y Manzanares; sobre ellos se levanta la mayor parte de la estructura urbana. Además existen depósitos de flujos de lodo, escombros, coluviones y conos de deyección, que pueden alcanzar espesores hasta de 110 m (Alcaldía de Santa Marta, 2004; IDEAM, 2000).

#### Geomorfología

En el área costera del municipio se han originado morfoestructuras variadas, entre las que se destacan las terrazas marinas de acumulación subrecientes, cuchillas de disección y conos recientes, aluviones de los ríos Manzanares y Gaira y fluviomarinos en una delgada franja cercana a la línea de costa.

Las cuchillas de disección, con laderas escarpadas y formas lineales, son el resultado de los procesos de incisión de la red de drenaje y movimientos en masa. Su modelado en rocas graníticas propicia la formación de coluviones y el escurrimiento superficial difuso y concentrado facilitado por el alto grado de meteorización de las rocas. Esto permitió la construcción de conos que se superponen a las terrazas marinas del piedemonte, al occidente de la sierra (IDEAM, 2000) (figura 4).

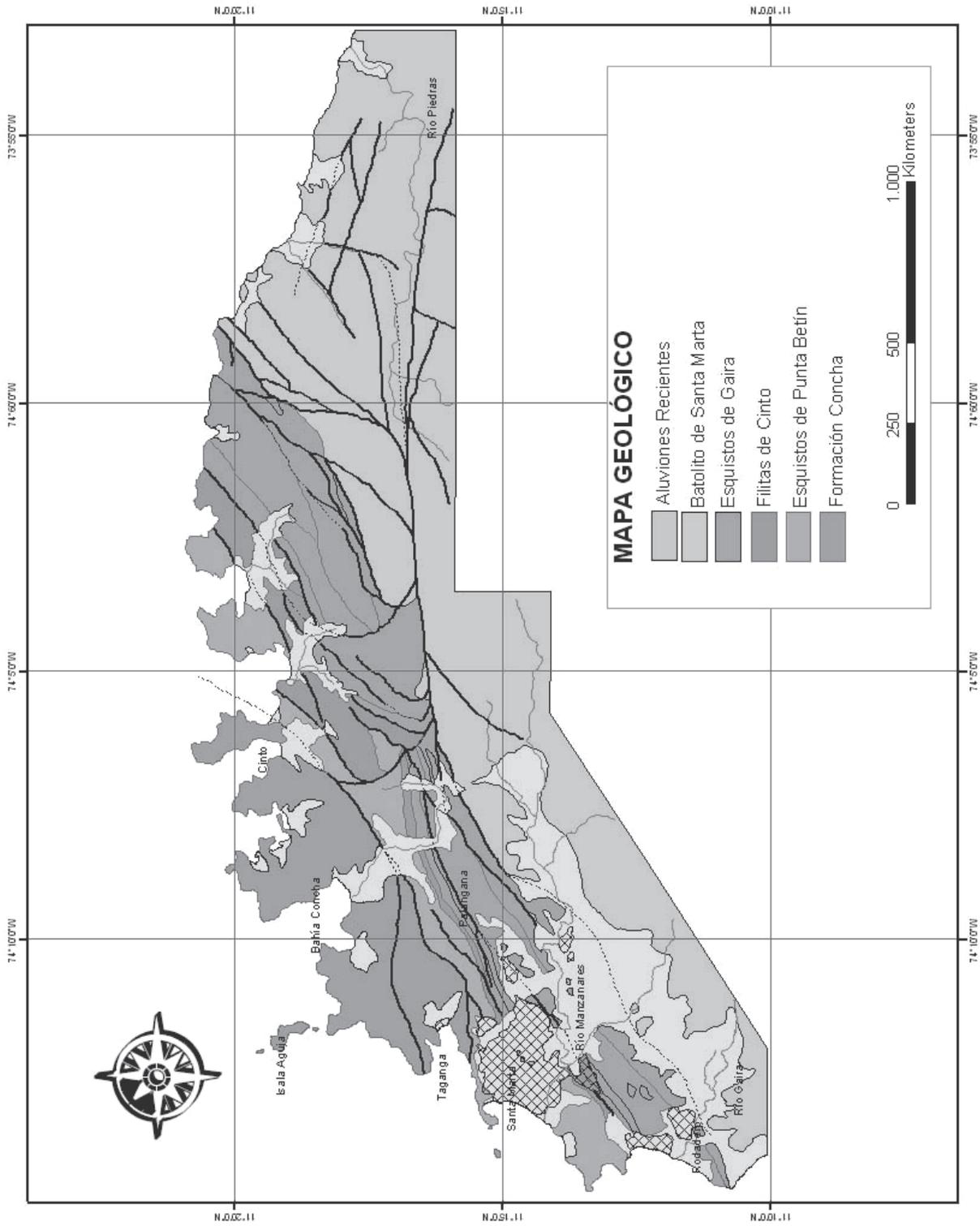


Figura 3. Mapa geológico

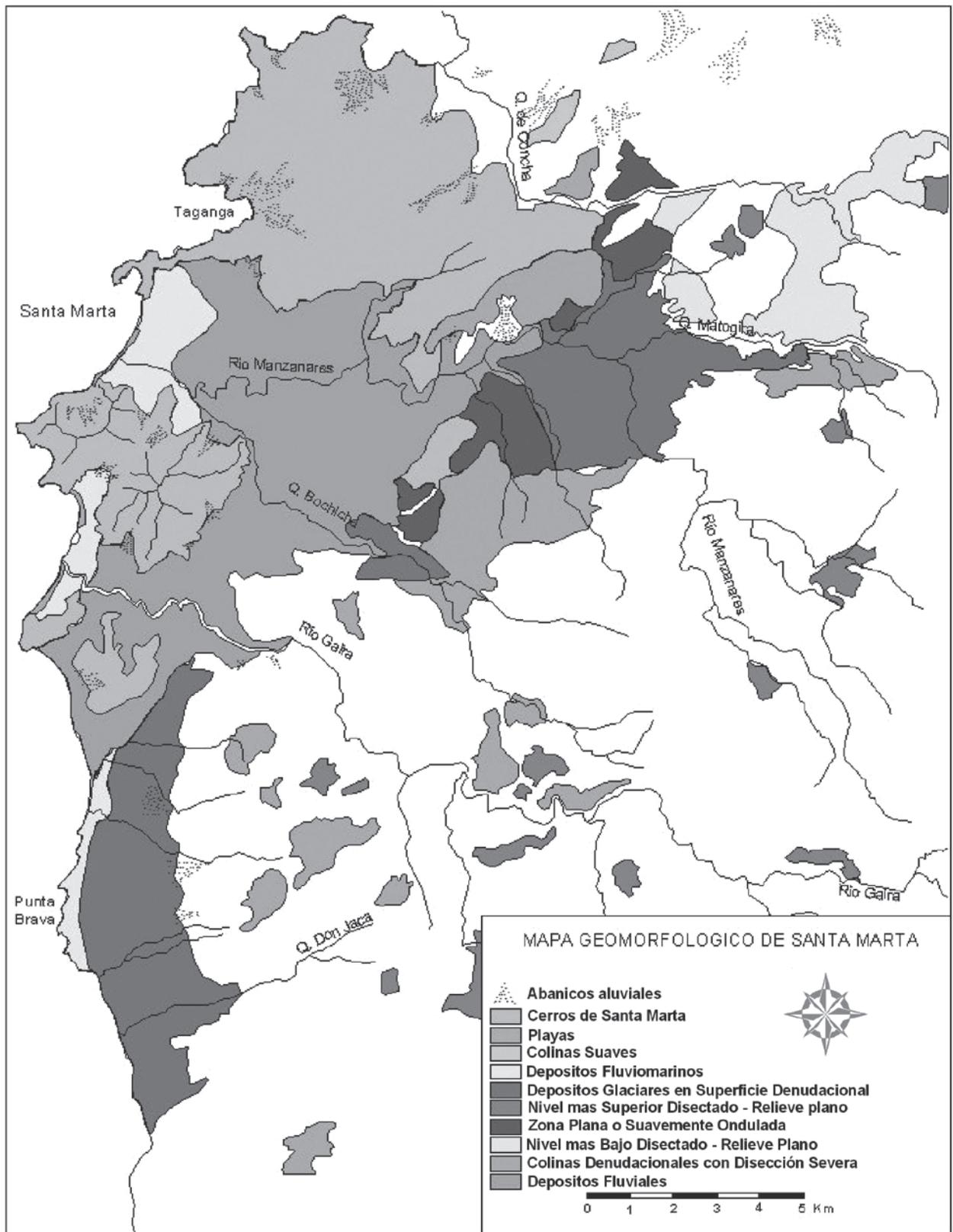


Figura 4. Mapa geomorfológico

Por otra parte, las cuchillas de disección en rocas metamórficas presentan escurrimiento superficial difuso y concentrado, teniendo más importancia los movimientos en masa facilitados por pendientes muy fuertes y que no permiten la acumulación de formaciones superficiales con más de 2 m de espesor. Se presentan conos aluvio-torrenciales, con pendientes inclinadas, y materiales heterométricos donde predominan los bloques angulosos. Los depósitos aluviales de los ríos Manzanares y Gaira están conformados en parte por conos aluviales o aluvio-torrenciales localizados en el piedemonte de la Sierra y luego conformados por los depósitos de la llanura aluvial.

#### Procesos y amenazas naturales

Están relacionados principalmente con movimientos en masa, disección profunda y escorrentía superficial y carcavamiento, especialmente en partes altas de las cuencas de los ríos Gaira, Manzanares, Piedras, Mendiguaca, Guachaca y Buritacá. En la parte plana los procesos son básicamente de inundación durante crecientes invernales o asociadas a fenómenos marinos como mares de leva o coletazos de huracanes. Los riesgos identificados para el distrito son los siguientes (tabla 2): (IDEAM, 2000) (figura 5).

Tabla 2. Zonas de riesgo y riesgos identificados para Santa Marta

Área o sector	Riesgo	Probabilidad	Intensidad	Duración	Frecuencia
Áreas del sector urbano	Inundación	Alta	Media	Baja	Temporada Lluvias
Linderos de los cerros casco urbano	Deslizamiento	Media	Media – baja	Baja	Temporada lluvias, factor disparo
Zona costera distrito	Fenómenos naturales del mar	Baja	Baja	Indeterminada	Indeterminada
Zona rural	Vendavales y tormentas tropicales	Media	Media – baja	Horas	Media baja
Todo el distrito	Sismos*	Intermedia (NSR98)	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada

\* no existen estudios de microzonificación sísmica de la ciudad (modificado de Alcaldía de Santa Marta, 2004).

“La ciudad de Santa Marta ha sido afectada reiterada e históricamente por inundaciones y avenidas torrenciales ocasionadas por los desbordamientos del los ríos Manzanares y Gaira. Para el siglo XVI, algunos historiadores (...) reportan la destrucción parcial de la ciudad de Santa Marta por efectos de una avenida torrencial. Estudios realizados por la misión inglesa en 1965, reportan torrencialidad y crecientes de los ríos Piedras y Manzanares por efecto de las tormentas y lluvias intensas registradas en las vertientes medias y altas de la sierra nevada de Santa Marta” (IDEAM, 2000).

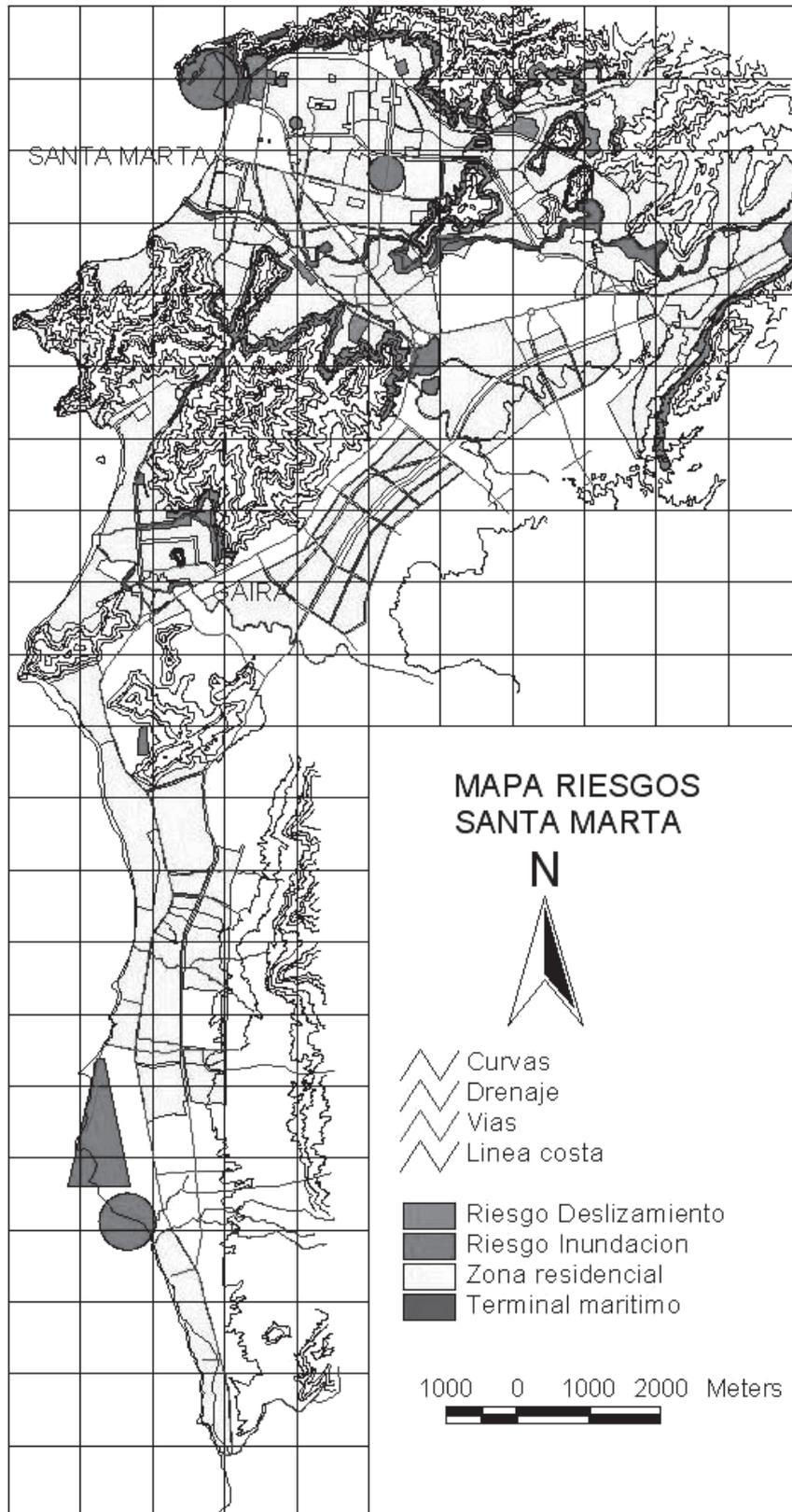


Figura 5. Mapa riesgo

En diciembre de 1999, lluvias intensas y persistentes en la cuenca alta del Manzanares y en menor proporción en las de los ríos Gaira, Piedras, Mendiguaca, Guachaca y Buritacá, ocasionaron avalanchas asociadas a flujos torrenciales (flujos de lodos y escombros) y crecientes súbitas especialmente a la salida de los cañones, que afectaron la ciudad de Santa Marta y las inspecciones de La Revuelta y Guachaca. Esta situación fue excepcional en la cuenca del río Manzanares, que usualmente es seca, por lo que sólo ocasionalmente se presentan movimientos en masa. En cambio, las cuencas medias de los ríos Piedras, Guachaca y Mendiguaca presentan movimientos en masa de variada intensidad y magnitud, favorecidos por las rocas graníticas meteorizadas y la alta humedad (IDEAM, 2000).

Las laderas de los cerros en el distrito son susceptibles a deslizamientos, por presentar pendientes pronunciadas, baja resistencia de los suelos y rocas, buzamientos y fracturas a favor de las pendientes; además la acción de las y la antrópica (deforestación, excavaciones antitécnicas, y en menor escala, vibraciones producidas por equipos pesados) disparan o aceleran este proceso.

Hasta la cota de 100 m sobre el nivel del mar, los procesos son por desbordamiento, inundación y encharcamiento en eventos extraordinariamente lluviosos, así estas áreas sean normalmente secas. Cuando la topografía es plana como en el caso de Santa Marta, con una insuficiente capacidad de desagüe en las redes de drenaje, los eventos causantes de desastres o tragedias más frecuentes han sido aquellos en los que los ríos Gaira y Manzanares se han desbordado durante eventos lluviosos extraordinarios. Las áreas normalmente más afectas por inundaciones son las rondas de los ríos Gaira y Manzanares, así como de las quebradas Tamacá y Bureche y los barrios: Pescaito, Centro Histórico, Bastidas, Chimila, Paraíso, El Pando y María Eugenia y Paraíso - Gaira. Otros puntos anegadizos: quebrada Tamacá, quebrada La Iguana-Irotama, San Pablo, El Yucal, Villa Toledo y Once de Noviembre, ubicados en diferentes sectores del casco urbano (IDEAM, 2000; Alcaldía de Santa Marta, 2004).

### Aspectos socioeconómicos

#### Población

Los resultados del censo de población realizado en el 2005 aún no están disponibles para el distrito de Santa Marta; sin embargo, la tendencia muestra un aumento acelerado en la tasa de crecimiento poblacional a partir de 1993 debido al fenómeno de inmigración que está alrededor del 65% (ver tabla 3). Según las proyecciones realizadas por el DANE y la oficina de planeación de la Alcaldía de Santa Marta, se estima que la población de Santa Marta para el 2005 es de aproximadamente 431 788 habitantes, de los cuales el 4% viven en el área rural, el 48% corresponde a hombres y el 52% a mujeres.

Tabla 3. Registro de los últimos cuatro censos de población para el distrito de Santa Marta. (Alcaldía de Santa Marta, 2004)

Censo 1973	Censo 1985	Censo 1993	Censo 2005
128 755	218 205	280 368	431 788

Este cambio aparentemente está reflejado en los indicadores de calidad de vida que no superan los promedios nacionales; el 34% de la población registra necesidades básicas insatisfechas, 11 puntos por encima del promedio nacional, el 14,5% viven en hacinamiento crítico, y 16% está en la miseria, 10 puntos por encima del promedio nacional; del total de la población el 60,6% está bajo la línea de pobreza y de ellos el 23,4% viven en la indigencia. (Universidad del Magdalena, 2006)

#### Economía

La dinámica económica sectorial en Santa Marta ha sido débil a lo largo de la historia; en ella han predominado las actividades del sector terciario (servicios), especialmente el portuario, comercio y, en las últimas décadas, el turismo, mientras que el sector secundario (manufacturero, industria), ha quedado relegado, a pesar de que en los últimos años la ciudad ha tenido un leve despegue (en 1980 sólo existían 15 establecimientos industriales), con sólo un repunte del renglón cafetero y últimamente el bananero de exportación (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

La encuesta anual manufacturera para el año 2004 (DANE, 2005) muestra para todo el departamento del Magdalena un total de 50 establecimientos, que emplean a 1990 personas; se calcula que más del 90% de esta cifra se sitúa en Santa Marta. En el año de 1998, la misma encuesta presentaba un total de 61 industrias (Aguilera y Alvis, 2000), lo cual implica que ha habido una reducción considerable en los últimos cinco años.

El Plan de Desarrollo de Santa Marta (2005) identifica las siguientes como debilidades del capital económico de la ciudad: tecnologías inadecuadas, (explotaciones agrarias), bajo nivel de productividad y competitividad, servicios públicos ineficientes, carencia de incentivos para la inversión, inadecuada red vial en el interior del departamento, carencia de infraestructuras industriales, débil estructura productiva industrial, ausencia de investigación aplicada sistemática, bajo nivel de exportaciones, falta de infraestructura de riego, falta de mecanismos para la transferencia tecnológica en el sector agropecuario (pequeños productores), ausencia de infraestructuras de apoyo a nuevos emprendedores, ausencia de apoyos financieros.

#### Vías y transporte

La red vial urbana está articulada en su totalidad a la carretera troncal del Caribe, un subsistema que forma parte de la vía Panamericana. Los medios de transporte, tanto públicos como privados, cubren las rutas interdepartamentales e intermunicipales con un grado de eficiencia aceptable pero no funcional (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

La carretera troncal del Caribe tiene un contexto regional y nacional: conecta al distrito de Santa Marta con Barranquilla, Cartagena, Riohacha, Venezuela, los Santanderes y el interior del país, por lo que es una vía muy importante para el desarrollo portuario. Es además el eje articulador central del distrito de Santa Marta con el área rural, factor clave en la movilización de la población, de los productos agrícolas y, en los últimos años, de los turistas (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

En cuanto al transporte urbano no hay una política o planificación clara, por lo que la calidad, eficiencia, comodidad y seguridad del sistema de transporte son deficientes, al tiempo que han estimulado la saturación de las vías del centro de la ciudad. La red vial principal tiene un volumen de tráfico que se encuentra en el rango de 6000 a 12 000 vehículos/12 horas, en tanto que la red de semiarterias conectadas con las vías principales tiene un flujo vehicular del rango de 2000 a 10 000 vehículos/12 horas (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

#### Educación

El sistema educativo presenta deficiencias de calidad, como lo demuestran los bajos niveles de los indicadores en comparación con promedios nacionales (tabla 4); los niveles de cobertura tampoco garantizan el acceso de los estudiantes actuales y futuros de la ciudad. El distrito cuenta con 383 establecimientos educativos para los niveles preescolar, básica primaria y básica secundaria, de los cuales 254 son de carácter oficial. La tendencia es a la concentración de ellos en el centro de la ciudad, particularmente los de nivel de básica secundaria.

La educación en el nivel superior cuenta con siete universidades para la formación profesional y tecnológica: Universidad del Magdalena, Universidad Cooperativa de Colombia, Universidad Sergio Arboleda, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad Antonio Nariño, Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD y ESAP (Alcaldía de Santa Marta, 2004)

Tabla 4. Déficit de educación en la ciudad de Santa Marta

Edad (años)	Población total	Población atendida	Población por fuera del sistema	Sin información (No. personas)	Déficit del sistema
5 (*)	22 032	13 271 (60.23%)	8527 (38.70%)	0 (0%)	38,70%
6 a 10 (**)	38 072,6	36 761,97 (96.55%)	116,63 (3,36%)	1194 (3.136%)	(3.36%)
11 a 16 (**)	39 248,3	32 877,03 (83.76%)	6900,27 (18.32%)	529 (1.35%)	18,32%
17 a 24 (*)	15 000 (33.75%)	5062,5 (63 86%)	9579	357 (2.38%)	63,86%

(Tomado de Alcaldía de Santa Marta, 2004)

#### Aspectos ambientales

Santa Marta es reconocida por su oferta de parques naturales, playas y áreas de interés ecológico. Actualmente cuenta con el parque nacional Tairona, con 19 244 ha, 3000 de las cuales pertenecen a la franja marina y el parque nacional Sierra Nevada, con 12 697 509 ha en el territorio de Santa Marta. Esta amplia cobertura espacial se extiende a todo el territorio distrital, lo que significa que teóricamente la población en su totalidad tiene acceso al disfrute

de los mismos. No obstante, ambos parques enfrentan conflictos de propiedad y usos del suelo y serias amenazas de orden público (Alcaldía de Santa Marta, 2004)

La ciudad cuenta también con un número importante de playas para uso recreativo, tales como las del parque nacional Tairona y las de las bahías de Concha, Taganga, Santa Marta, Gaira y sur del distrito. Al igual que en el caso de los parques naturales, las playas representan un índice alto de espacio para la recreación por habitante (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

#### Abastecimiento de agua

El servicio de acueducto en el área urbana del distrito está a cargo de la empresa de economía mixta Metroagua S.A., que opera desde 1988. Las fuentes de abastecimiento están constituidas por corrientes superficiales que nacen en la Sierra Nevada y fuentes subterráneas, que alimentan tres sistemas independientes:

- Sistema Santa Marta-Taganga, que capta agua del río Manzanares y el transvase del río Piedras y subterráneas, cuyo tratamiento se realiza en la planta de potabilización de Mamatoco, con una capacidad instalada de 800 litros por segundo. Las aguas tratadas de 25 pozos profundos surten a más del 50% de la ciudad; las aguas de ocho de éstos son depositadas en el tanque de almacenamiento de las Tres Cruces, cuya capacidad es de 5000 m<sup>3</sup>, mientras el agua de los pozos restantes es inyectada directamente a las redes de distribución.
- Sistema Rodadero-Gaira y zona sur. El servicio se presta a partir de las aguas captadas del río Gaira. El tratamiento se efectúa en la planta El Roble, con capacidad instalada de 250 lps y posibilidades de ampliación a 450 lps.
- Sistema Rodadero sur-Alcatraces. Cubre los sectores de Pozos Colorados, Monte Bello, La Paz, Cristo Rey y Don Jaca. Capta sus aguas de seis pozos profundos pertenecientes al acuífero de Gaira, con el debido tratamiento de potabilización (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

Según cálculos de Metroagua, el acueducto cubre el 90% de la población, con un buen servicio en el 73% del área cubierta. Dentro de esta cobertura el patrón de consumo identificado por actividades es: hogares (84,5%), industria (6,7%), comercio (7,2%) y otros (2%) (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

#### Materiales de construcción

La explotación de materiales para construcción en el distrito de Santa Marta es importante: en 1997 existían 18 canteras y 42 ladrilleras, además de la extracción de material de arrastre de las riberas de los ríos Manzanares y Gaira para las obras de construcción en la ciudad. Las condiciones geológicas del entorno distrital propician esta actividad en los cerros de la ciudad, considerados por el distrito como reserva que la urbanización ha absorbido dentro de su área de influencia (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

Actualmente funcionan en la ciudad tres canteras que producen interferencias con las actividades urbanas (cantera Calderón, cantera Marmolete y cantera sobre la troncal del Caribe); por este motivo se requiere en el

mediano plazo iniciar su reubicación y sólo autorizar la explotación sobre la Troncal, cerro La Llorona.

La explotación de arena es utilizada por proveedores de la construcción; ocurre en zonas del río Manzanares en el área urbana, sin recursos técnicos ni licencia de explotación, lo que modifica el cauce y crea posibilidades de daños al mismo, procesos de erosión y pérdida de vegetación de borde. Existen posibilidades de explotación sobre el río Gaira en el sector este de la vía alterna al puerto y después del área urbana del corregimiento de Bonda (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

La producción artesanal de ladrillos utiliza como insumo terrenos arcillosos en sectores cercanos a las áreas residenciales, sobre el área de Los Fundadores y el sector de La Carbonera. Las alternativas de áreas potenciales se encuentran sobre la vía a Villa Concha y sobre la Troncal del Caribe al lado sur de Palangana, sector de Tres Puentes y vía alterna al puerto (Alcaldía de Santa Marta, 2004)

#### Zonas de expansión futura

Se estima en más de 100 km<sup>2</sup> el suelo disponible para expansión urbana, incluyendo el suelo considerado como suburbano. La mayor parte se encuentra localizada sobre los valles próximos al piedemonte de la sierra nevada al oriente de la troncal del Caribe y la franja de terreno ocupada por las viejas paralelas del ferrocarril. En su mayoría estos suelos están compuestos por material geológico de gran resistencia mecánica, lo cual los hace aptos para el desarrollo urbano. Según destinos, el área destinada para la construcción urbana en el 2005 se observa en las figuras 6 y 7 (Alcaldía de Santa Marta, 2004):

Las áreas con más condiciones urbanísticas favorables para su incorporación en el corto y mediano plazo son las ubicadas sobre la troncal del Caribe, a ambos lados de la vía a Minca, la zona del Country y del Manantial; así mismo las áreas al noreste, vecinas a Cantilito y Garagoa, margen norte del río Manzanares; la zona de La Carbonera, determinada por el río Manzanares y los cerros del Norte, y los sectores de Pozos Colorados e Irotama (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

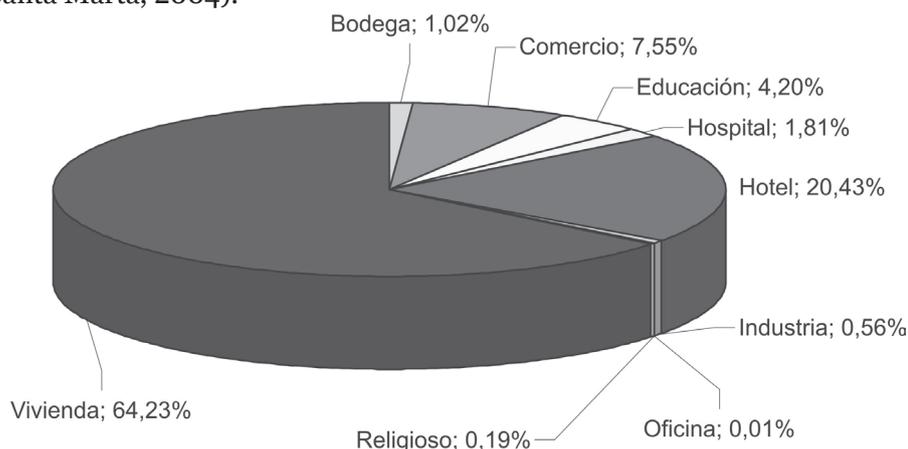


Figura 6. Área de construcción urbana, según destinos para el año 2005. Tomado de: DANE 2005

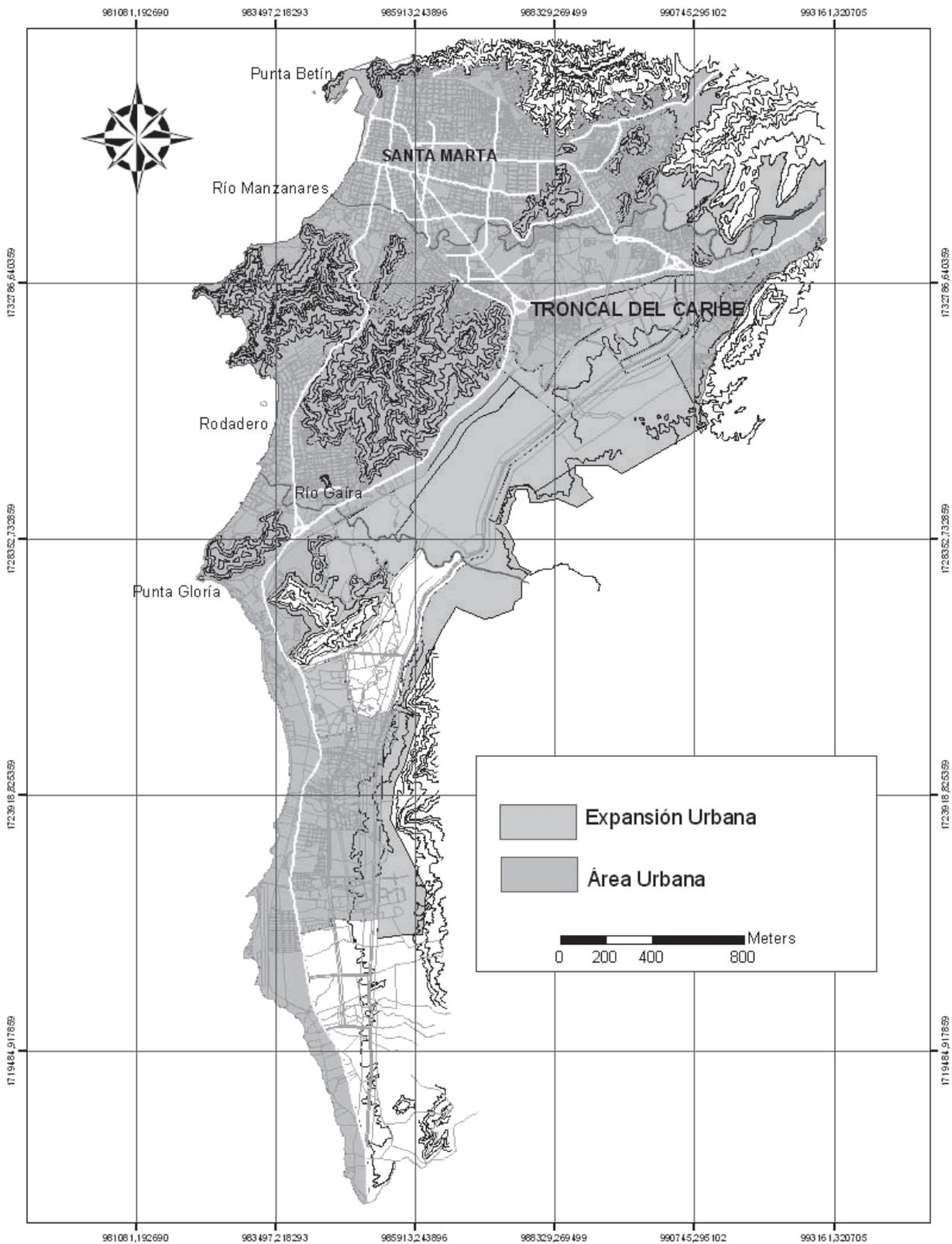


Figura 7. Mapa de expansión

### Contaminación

El servicio de alcantarillado cubre aproximadamente el 64% de la población de Santa Marta, con un buen servicio en el 60% del área. No existe un sistema de alcantarillado pluvial, ni de tratamiento de parte de las aguas servidas, por lo que el vertimiento se hace directamente en corrientes superficiales y en bahías. Los cuerpos de agua más afectados por la contaminación en el distrito son los ríos Manzanares, Gaira, Piedras y las bahías de Santa Marta y Gaira en los sitios de desembocadura de estos ríos (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

Los ríos presentan diferentes formas de contaminación en el área rural y en su recorrido a través del casco urbano. En el sector rural están asociadas a las actividades agrícolas por vertimiento de aguas residuales de las fincas, residuos como la pulpa de café y los sedimentos productos de la deforestación que son arrastrados hacia los cauces. En su recorrido por el casco urbano reciben las aguas negras de los sectores urbanizados, desarrollados sobre sus respectivas rondas y desechos de hidrocarburos parafínicos vertidos al sistema de alcantarillado. En los sectores de la bahía y el puerto, el agua de mar presenta contaminación severa, con índices superiores a los 2400 colonias de bacterias/100cm<sup>3</sup> de coliformes totales y más de 2400 de coliformes fecales, frente a unos límites permitidos por la ley de 1000/100 cm<sup>3</sup> y 200/100 cm<sup>3</sup>, respectivamente (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

Aunque no se cuenta con estudios que permitan cuantificar la calidad del aire en Santa Marta, los procesos de transporte y embarque de carbón, particularmente en los sectores aledaños a los puertos y a los ejes viales utilizados, producen grandes cantidades del polvillo, el cual genera diariamente una delgada capa que cubre la vegetación, playas, suelos y equipamiento urbano, además de las enfermedades asociadas a los ojos y los pulmones, que sufren quienes están más cerca de los ejes contaminados y de la actividad de transporte, manipulación y embarque. Emisiones de bajo nivel de concentración se han detectado, relacionadas con vehículos automotores, algunos establecimientos industriales y la dispersión de material particulado producto de la deforestación y quemas, especialmente en los cerros aledaños a la ciudad (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

### Plantas de tratamiento de aguas negras

El distrito de Santa Marta carecía de plantas de tratamiento y arrojaba las aguas residuales de la ciudad y de El Rodadero, sin tratamiento alguno y en forma superficial en la caleta El Boquerón. Como solución se construyó un emisario submarino, para el cual se tuvo en cuenta el comportamiento de las corrientes marinas y vientos y que el actual sistema de alcantarillado confluye a un solo punto, que es la estación norte ubicada frente a la Sociedad Portuaria (Alcaldía de Santa Marta, 2004).

El emisario se construyó en convenio con Findeter, la Alcaldía Distrital y Metroagua S.A. E.S.P. Tiene una longitud de 428 m y tratamiento por dilución, en tamices rotatorios, de los actuales 850 l/s de aguas servidas de Santa Marta; tiene una proyección de 30 años, es decir, hasta el año 2030 cuando se estima que se transportarán 2500 l/s (DANE, 2000).

### Relleno sanitario

Actualmente Santa Marta cuenta con un relleno sanitario de 50 ha, operado por Interaseo SA y localizado en parque distrital Palangana, ubicado en la zona de amortiguación de la sierra nevada de Santa Marta, parque nacional Tairona, sobre la margen derecha de la carretera a Bahía Concha, separado de ésta unos 0,8 km y aislado por cerros. La autorización para el funcionamiento de este relleno se concedió en 2000, cuando por una acción de tutela fue cerrado el relleno de Veracruz; empezó a operar a mediados de 2004.

### Conclusiones y recomendaciones

Santa Marta es reconocida nacional e internacionalmente por su oferta de parques naturales, playas y áreas de interés ecológico, lo que significa que teóricamente la población en su totalidad tiene acceso al disfrute de los mismos, con un índice alto de espacio para la recreación por habitante.

Sin embargo, varios aspectos de índole ambiental merecen la atención inmediata: la zona urbana plana del distrito enfrenta un riesgo alto de creciente súbita asociada principalmente a los ríos Gaira y Manzanares, que ocasionan inundaciones, máximo si se tiene en cuenta que las rondas de los ríos están completamente habitadas y los cauces de las corrientes han sido modificados. Adicionalmente, la ciudad no cuenta con una red de alcantarillado de aguas lluvias que permita la evacuación de las mismas en una forma rápida y eficiente, así como tampoco con un efectivo servicio de tratamiento de aguas negras que permita tener las aguas marinas descontaminadas.

El polvillo del carbón es otro de los aspectos ambientales apremiantes para una gran parte de la población que se encuentra en su zona de influencia, ya sea por estar cerca del área portuaria o a lo largo de los ejes viales por los que transitan las tractomulas cargadas con este material.

En la solución de estos aspectos se debe enfocar la administración municipal y la autoridad ambiental en los próximos años, con miras a garantizar la calidad de vida y el desarrollo turístico proyectado nacional e internacionalmente del DTCH de Santa Marta.

### Bibliografía

AGUILERA M. Y ALVIS J. (2000). "Perfil socioeconómico de Barranquilla, Cartagena y Santa Marta (1990-2000)". En: Documentos de trabajo sobre economía regional, No. 17. 60 p.

ALCALDÍA DE SANTA MARTA (2004). Plan de Ordenamiento Territorial. Adoptado por Acuerdo Municipal, según resolución de la CAR 330 de Marzo 21 de 2000 y actualizado en Febrero 20 de 2004.

DOOLAN B. L. Y MACDONALD W. D. (1976). "Structure and Metamorphism of Schists of Santa Marta Area, Colombia". En: Memoria del Primer Congreso Colombiano de Geología. Bogotá. p. 187 – 204.

BARTELS G. (1970). Geomorphologische Höhenstufen der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien). Giessener Geogr. Schrif., FET 21, Beilage 4. Huyesen. 56 p, 6 mapas.

BERMÚDEZ, A. (1997). *Materiales para la historia de Santa Marta* (Recopilación histórica), FONCULTURA, Santa Marta. 360 p.

CEDIEL, F. (2005). Around The Sierra Nevada de Santa Marta. Geological Field Conference/ Panel Discussion. ICP Instituto Colombiano del Petróleo. Bucaramanga. 29 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA– CORPAMAG (2005). Ecorregiones estratégicas. Ecorregión zona costera. En: <http://www.corpamag.gov.co/ezc.html> [Fecha de consulta 2006/07/20]. Fecha de actualización 2005.

\_\_\_\_\_ (2005a). Caracterización de las formaciones vegetales del departamento del Magdalena. En: <http://www.corpamag.gov.co/vegetales.html> [Fecha de consulta 2006/07/20]. Fecha de actualización 2005.

CORRALES J. Y ARRIETA F. (2005). “Estudio, modelación, recarga artificial y gestión ambiental del acuífero de Santa Marta”. En: Memorias Taller Regional Iberoamericano Preparatorio al IV Foro Mundial del Agua. México. pp 97-102.

DANE (1993). XVI Censo Nacional de Población y de Vivienda. En: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/poblacion\\_vivienda/poblacion\\_colombia.XLS](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/poblacion_vivienda/poblacion_colombia.XLS) [Consulta 2006/07/25]. Actualización 2006.

\_\_\_\_\_ (2000). Informe de coyuntura económica. regional del Magdalena II semestre de 2000. En: <http://www.dane.gov.co/files/icer/2000/magdalena/t3.pdf>. 65 p. [Consulta 2006/07/22]. Actualización 2006/5.

\_\_\_\_\_ (2005). Informe de coyuntura económica. regional del Magdalena II semestre de 2005. En: [http://www.dane.gov.co/files/icer/2005/magdalena/magdalena\\_II05.pdf](http://www.dane.gov.co/files/icer/2005/magdalena/magdalena_II05.pdf). 76 p. [Consulta 2006/07/25]. Actualización 2006.

ESPINAL S. Y MONTENEGRO E. (1963). *Formaciones vegetales de Colombia: memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Agrológico. 201 p. [Reeditado en 1977].

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES–IDEAM (2000). “Eventos geomorfológicos e hidrológicos en el extremo noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta”. Diciembre de 1999. Informe técnico. Santa Fe de Bogotá, febrero del 2000. 33 p.

\_\_\_\_\_ (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Bogotá, 219 p.

\_\_\_\_\_ (2006). Programa de meteorología aeronáutica. En: <http://www.bart.ideam.gov.co/cliciu/sanmart/precipitacion.htm> [Consulta 2006/07/20]. Actualización 2006.

LÓPEZ H. Y CARBONÓ E. (2005). *Estado de conservación de los cerros de Santa Marta, Colombia. Semana de Geomática – 2005*. Bogotá. 9 p.

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA (2006). *Plan Santa Marta 2025. Unidos por un mismo sueño*. Convenio Interinstitucional Alcaldía Distrital de Santa Marta, Universidad del Magdalena, Cámara de Comercio, Sociedad Portuaria de Santa Marta y Cotelco. En: <http://cids.unimagdalena.edu.co/plansantamarta2025/LaCiudad.htm> [Consulta 2006/07/23]. Actualización 2006.

TOLEDO M. Y DÍAZ-GRANADOS M. (1995). *Sistemas de información geográficos: aplicación al estudio de recarga artificial del acuífero de Santa Marta*. En: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc95/uniande4.pdf>. 5 p. [Consulta 2006/07/23]. Actualización 2006.

VINALESA, J. DE (1952), *Indios arhuacos de la Sierra Nevada de Santa Marta*. Editorial Iqueima, Bogotá. 163 p.

# Sogamoso

Héctor Fonseca Peralta

## Aspectos históricos

Sogamoso no tiene fundación hispánica, toma el nombre del cacique Suamox (bautizado posteriormente como Alonso y convertido al cristianismo por los padres franciscanos) máxima autoridad en esta región Muisca durante la llegada de los españoles. En Suamox, “morada del sol” en lengua chibcha, se encontraba el sitio espiritual y religioso de los Muiscas, hasta que los españoles en 1537 en su codicia por la búsqueda de oro, incendiaron el Templo del Sol. Hoy existe al este de la ciudad una réplica del Templo del Sol en el Museo Arqueológico, en el mismo sitio donde los cronistas y posteriores hallazgos arqueológicos confirmaron la existencia del sitio sagrado.

El 6 de septiembre de 1810 la ciudad fue erigida por la Corona Española como Villa Republicana (Coy, 1990). Su ubicación estratégica le permitió constituirse durante la Colonia y principios del siglo pasado en un centro de importancia regional en los procesos de colonización de los Llanos Orientales. Esta importancia regional hoy se mantiene y desde mediados del siglo pasado se consolidó industrialmente; desde entonces, también se le conoce como la “Ciudad del sol y del acero”.

## Entorno biofísico

### Paisaje

El municipio está localizado al noreste del departamento de Boyacá, a  $5^{\circ}42'57''$  545 de latitud norte y a  $72^{\circ}55'38''$  162 de longitud oeste de Greenwich, en la terminación norte del altiplano cundiboyasence, al este de la cordillera Oriental. Sogamoso es la capital de la provincia de Sugamuxi, la ciudad está situada al este de un amplio valle a 2500 metros sobre el nivel del mar—msnm, mientras que su área rural se extiende en el mismo valle y mayormente en la zona montañosa aledaña al oriente, en la divisoria de aguas de la Orinoquía y la cuenca del Magdalena, donde alcanza los 3900 msnm. Limita al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga; al oriente con Tópaga, Monguá y Aquitania; al sur con Aquitania, Cuitiva e Iza; y al occidente con los municipios de Tibasosa, Firavitoba e Iza. Su extensión territorial es de 20 854 hectáreas, de la cual el 4,74% corresponde al suelo urbano, 2,54% a expansión urbana, 7,37% a suelo suburbano y 85,35% a suelo rural. El área urbana está dividida en 67 barrios y el área rural se divide en 18 veredas.

Al oriente del municipio, en las estribaciones orientales de la cordillera Oriental, se encuentran los páramos de Siscuní y La Sarna donde tiene sus nacimientos el río Cusiana. Estos páramos son considerados ecosistemas es-

tratégicos por el almacenamiento y regulación hídrica en los nacimientos del río Cusiana, por la biodiversidad que alberga, por ser un corredor faunístico estratégico en las estribaciones orientales de la cordillera Oriental y por su singular belleza, además ha propiciado un desarrollo ecoturístico, investigativo y de repoblación del cóndor andino, con la participación activa de las comunidades campesinas, para que de esta manera permanezcan en su territorio y contribuyan a conservarlo. En estos páramos se resaltan accidentes topográficos que hoy observan el vuelo del cóndor como la cuchilla de Soriano, el alto de Las Cruces, loma Redonda, piedra del Molino, cerro El Buitrero, peña del Diablo, cuchilla El Temblador, cerro Barro Amarillo, peña La Laguna y el alto El Bizcocho. Igualmente abundan los cuerpos de agua entre las que se resaltan las “lagunetas” de Melgarejo, el humedal de La Sarna y la “laguna” de Siscunsi.

#### Clima y vegetación

El valle de Sogamoso donde se encuentra la cabecera municipal, corresponde a la transición de las zonas de vida bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano bajo, con una precipitación media de 743 mm/año, donde la confluencia de los vientos condiciona una zona de bajas precipitaciones (efecto abrigo) con un régimen bimodal, con máximos en los meses abril, mayo y octubre, y mínimos en diciembre, enero y febrero. Su evaporación media es de 795 mm/año y la humedad relativa de 71,8%.

Los sectores del valle que no han sido urbanizados tienen coberturas de pastos introducidos preferencialmente de kikuyo, dedicados a las actividades ganaderas. En menor escala sus suelos se dedican a cultivos de maíz, arveja, haba y hortalizas.

En las laderas orientales se pasa de bosque seco montano bajo a bosque húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano y páramo pluvial. Igualmente hacia el este hay un aumento de las precipitaciones de carácter orográfico, y alcanza en su parte más oriental los 1250 mm/año con una fuerte influencia de los vientos del este y un régimen de lluvias monomodal con nueve meses húmedos. El periodo seco corresponde a diciembre, enero y febrero.

La ladera occidental que vierte las aguas a la cuenca del río Chicamocha (más seca), presenta una mayor actividad antrópica y su vegetación nativa de mortiño, arrayán, ayuelo, cira, chilca, encenillo, cucharo, raque, tuno, cordoncillo, mora y curuba nativa entre otros nombres comunes, ha sido remplazada por cultivos de papa, sumado a la minería mal manejada y a las plantaciones de eucaliptos y pinos, impactando considerablemente la retención y regulación hídrica de las quebradas que conforman el cauce del río Monquirá, afluente del Chicamocha. La vertiente este (más húmeda), correspondiente a los páramos de La Sarna y Siscunsi, presenta una buena retención y regulación hídrica que alimenta los nacimientos del río Cusiana, con su vegetación típica de pajonales, frailejonales, rosetales, chuscales, turberas, rodales de romeros y bosque alto andino.

#### Hidrografía e hidrogeología

En jurisdicción del municipio de Sogamoso el sistema hidrográfico vierte sus aguas a las cuencas del Magdalena al occidente y del Orinoco al oriente.

A la cuenca del Magdalena y con incidencia en el valle, vierte sus aguas el río Chicamocha, cuyo curso principal discurre por el sector occidental del valle y recoge las aguas de los ríos Chiquito que proviene del sur del valle junto con una derivación del mismo a través del canal de Venecia, construido con fines de desecación del sector suroeste del municipio ante las periódicas arremetidas de inundación de las partes deprimidas en los alrededores del aeropuerto Alberto Lleras Camargo.

Por otro lado, de las laderas orientales y en dirección sureste-noroeste, discurre el río Monquirá, el cual antes de ingresar a la cabecera municipal recoge las aguas de las quebradas de Honda, Ombachita, El Hatillo y río Chorrerano. Algunas de estas quebradas que hace un tiempo mantenían constantemente la escorrentía, hoy tiene un comportamiento estacional, como consecuencia de la intensa afectación de la vegetación retenedora y reguladora del agua. El río Monquirá al paso por la ciudad esta canalizado y entrega sus aguas al Chicamocha al occidente del municipio.

Otro curso de agua importante anteriormente por su recurso hídrico y hoy por las amenazas torrenciales sobre el sector norte de la ciudad es la quebrada de Las Torres, que desciende de las montañas nororientales, atraviesa una zona de minería del carbón y de arcilla y al entrar al valle, por el urbanismo, presenta un estrechamiento de su cauce con las consecuencias negativas durante las crecidas torrenciales periódicas antes de unirse al río Chicamocha.

Al este del municipio y descendiendo de los páramos hacia la Orinoquía se encuentran las quebradas La Martinera que confluye al lago de Tota, que a su vez alimenta el río Upía; y las quebradas Humedal de la Sarna, Piedra Pintada, Melgarejo, Veguitas, Peña Blanca, Ciras, Las Cañas e Iglesias, que confluyen constituyendo el cauce del río Cusiana, afluente importante del río Meta.

La importancia hidrológica de los páramos de Siscunsi y La Sarna es cada vez más valorada. Estos páramos tienen una gran capacidad de retención y regulación hídrica en los nacimientos del río Cusiana por lo cual han sido considerados como ecosistemas estratégicos. En este extenso bioma, abundan humedales, turberas y “lagunetas” entre las que se resaltan las de Melgarejo y Siscunsi.

Desde el punto de vista hidrogeológico la ciudad cuenta con un gran potencial hídrico subterráneo, tanto en sus acuíferos inconfiados como confiados. El extenso depósito cuaternario aluvial antiguo que cubre el valle con espesores que alcanzan los 250 metros, se constituye en un excelente acuífero inconfiado que puede ser aprovechado en el futuro, aunque presenta focos de contaminación que pueden ser mitigados. Igualmente las rocas arenosas de la Formación Picacho, iniciando la ladera oriental es un excelente acuífero confinado que incluso en la actualidad presenta una serie de manantiales alineados en el cambio de pendiente con el valle.

#### Geomorfología y procesos

El municipio de Sogamoso comparte dos paisajes geomorfológicos bien diferenciados. La parte occidental del municipio donde se localiza la ciudad, corresponde a un altiplano (figura 1) que de acuerdo al grado de sedimentación se considera como “antiguo”.

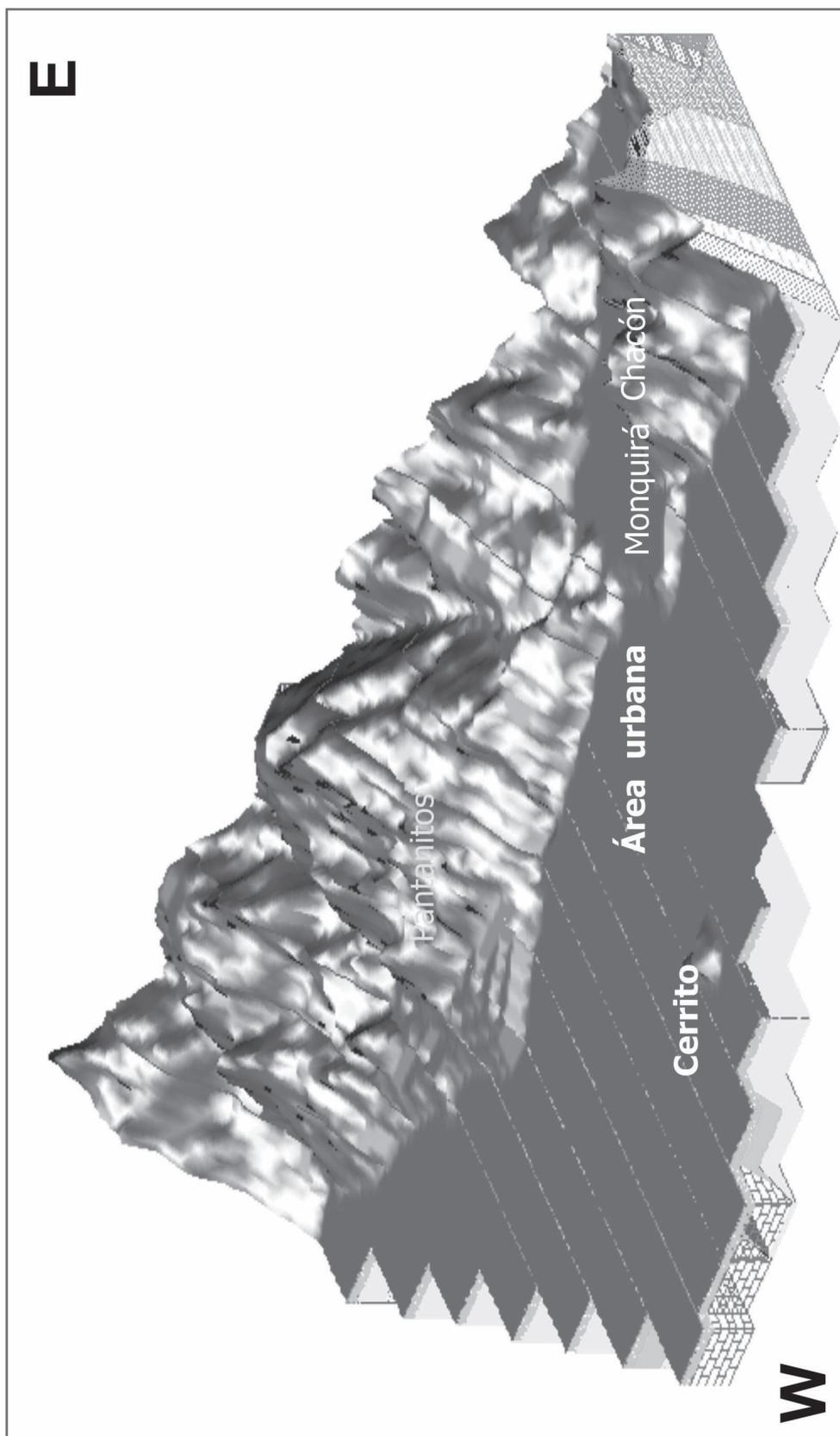


Figura 1. Modelo digital de elevación de Sogamoso. Fuente: Estudio de prefactibilidad para el modelamiento y la sectorización de las condiciones hidrogeológicas en la zona urbana del municipio de Sogamoso. Becerra y Pérez, 2004

Esta macroforma mixta de relieve y modelado ocupa el valle de Sogamoso, en el cual sobresalen cerros testigos del aluvial antiguo al occidente del municipio por donde igualmente discurre el río Chicamocha hacia el noreste donde se entalla en rocas terciarias. Presenta áreas depresionales mal drenadas sometidas a inundaciones durante periodos lluviosos, principalmente donde el nivel base del río Chiquito y el canal de Venecia están por encima del nivel base del valle debido al grado de sedimentación que favorece los desbordes.

El otro paisaje geomorfológico representativo y el de mayor extensión territorial, es el ocupado por las montañas orientales, donde en las laderas próximas al valle se resaltan unidades estructurales denudativas y procesos antrópicos relacionados con la minería de arena, arcilla en las proximidades del valle, y de carbón más hacia el este en el sector de Morcá, que sumados al cambio del uso del suelo, favorecen la erosión hídrica superficial, los flujos torrenciales, y la sedimentación en parte oriental del valle de Sogamoso.

El sector más oriental, en las estribaciones de la cordillera y la vertiente del Cusiana, está ocupado por unidades glaciáricas estructurales, con circos glaciares, valles glaciares, depósitos morrénicos y rocas aborregadas en la zona paramuna de Siscunsi.

#### Geología

El municipio de Sogamoso se localiza en la cordillera Oriental y geológicamente hace parte de la cobertera plegada constituida por la serie neocretácica terciaria (Reyes, 1984). La cabecera municipal se localiza en lo que se denomina un altiplano “viejo”, macroforma mixta de relieve y modelado, limitado al oeste por la traza de la Falla de Soapaga y su bloque levantado conformado por el complejo macizo rocoso constituido por las formaciones paleozoicas Cucho (Cc) y Girón (Jg), y las formaciones cretáceas Tibasosa (Kit), Belencito (Kib), y Une (Kmu). El valle de Sogamoso donde se localiza la ciudad, corresponde a un depósito de origen fluviolacustre, perteneciente a la cuenca de un antiguo lago con un espesor que en sectores sobrepasa los 250 metros. Infrayaciendo a este depósito lacustre se encuentran rocas del terciario superior representadas por la Formación Concentración (Toc) conformando el flanco oeste del Anticlinal del Chicamocha. En la ladera oriental aledaña al valle se encuentran rocas de las formaciones Picacho (Tep), Arcillas de Socha, Areniscas de Socha, Guaduas y Ermitaño, que sustentan las explotaciones de arena, arcilla, carbón y liditas en el oriente de la ciudad. Estas formaciones constituyen estructuras con direcciones preferenciales noreste entre las que se resalta el Anticlinal del Chicamocha, afectadas por fallas inversas paralelas a estas estructuras, que permiten aflorar rocas más antiguas al este, como son las formaciones Conejo (Ksc), Churuvita (Ksch) y Une (Kiu).

#### Tectónica reciente

Este sector del departamento de Boyacá se encuentra influenciado por el sistema de Fallas de Boyacá-Belén cuyo trazo está situado a corta distancia al noroeste y en dirección subparalela del sistema de Fallas de Soapaga, cuyo trazo se localiza al occidente del valle de Sogamoso; ambos sistemas son de

sobrecorrimiento con rumbo suroeste-noreste, vergencia al oeste y edad similar. Este último sistema de fallas, también llamado por Page (1986), como zona de Falla Gachetá-Chicamocha corta tanto al norte como al sur del valle, rocas terciarias del flanco occidental del Anticlinal del Chicamocha y las pone en contacto con rocas del cretáceo inferior y más antiguas al occidente. La traza principal en su paso por el occidente del valle de Sogamoso se encuentra cubierta por el aluvial antiguo, con espesores cercanos a 200 metros. De acuerdo con las observaciones de Page (1986), los extensos y espesos depósitos cuaternarios tardíos que recubren la zona al occidente del valle de Sogamoso, no tienen evidencias de haber sido desplazados, sin embargo, en razón de que el extremo sur de la Falla de Bucaramanga es activa y la de Soapaga se una a ésta, puede inferirse esta última como activa de muy bajo grado.

En la zona montañosa al este del valle de Sogamoso, paralelas a la de Soapaga y con inclinación al este se encuentran las fallas inversas de Gameza, Tópaga y Monguít, delimitando franjas longitudinales afectadas igualmente por fallas direccionales ortogonales.

El municipio de Sogamoso, igualmente, ha tenido afectaciones por la actividad sísmica del sistema de Fallas de Guaicaramo, cuyo trazo se localiza 50 km al este de la ciudad.

#### Amenazas y riesgos

El marco tectónico regional le confiere a Sogamoso una amenaza alta por sismicidad con incidencia directa de la posible actividad de los sistemas de fallas de Boyacá y Soapaga; igualmente ha tenido, a través de la historia reciente, afectaciones por la actividad sísmica del sistema de fallas de Guaicaramo y del Borde Llanero. El evento más reciente con afectaciones sobre la infraestructura de la ciudad ocurrió en 1985, con epicentro en Sabanalarga (Casanare), 95 km al sur.

Los procesos exógenos afectan a la región de acuerdo con la incidencia de cada uno de ellos sobre los dos tipos representativos de paisaje con la participación del clima (principalmente la precipitación), la acción del hombre, y el relieve-modelado. Al suroeste y oeste del valle, son recurrentes las inundaciones por desbordes en zonas depresivas aledañas al canal de Venecia y río Chiquito, principalmente en límites con Firavitoba (vereda Cartagena), donde los niveles base de dichos cauces están por encima de los niveles base del terreno. Las inundaciones por desborde del río Chicamocha, al occidente del municipio han disminuido desde la puesta en funcionamiento de la presa de La Copa (en inmediaciones de Toca) en 1990, construida con fines de regulación del río Tuta, y regadío de la región del Alto Chicamocha (incluido el valle de Sogamoso).

Entre otras amenazas geoclimáticas con participación antrópica que afectan la ciudad y sectores rurales del valle, aledaños a las laderas orientales, son los flujos torrenciales de las quebradas Las Torres, Ombachita y otros cursos estacionales que provienen de zonas donde se explota arcilla (Pantanitos, Alpes, Buenavista, Malvinas, San José Bolívar y La Ramada); arena (Areneras y San José del Porvenir); carbón (Morcá, Ombachita y Pedregal). Estas explotaciones favorecen el arrastre de materiales hacia el valle, causando regueros y colmatación de alcantarillados pluviales. Las ocasionales avenidas y flujos torrenciales han afectado y constituyen amenazas a sectores urbanizados, don-

de igualmente se ha invadido su cauce natural, tal como sucede en el recorrido de la quebrada de Las Torres dentro de la ciudad, y en los cauces estacionales que llegan a los barrios El Recreo y El Oasis.

En la ladera oriental del área urbana se presentan amenazas por movimientos en masa en los sectores Los Pulidos y Santa Bárbara.

En el área rural existen amenazas por subsidencia, movimientos en masa, erosión severa y vertimiento de aguas que se generan como producto de las actividades sin planes de control, manejo ambiental, restauración y abandono en sectores de explotaciones de carbón (Morca, Ombachita y Pedregal). Igualmente hay afectaciones y amenazas por movimientos en masa en Pilar y Ceibita, La Ramada, Alto Peñitas, Peña Negra, Morca, quebrada Honda, La Independencia y El Hatillo.

En general, las laderas orientales del municipio que vierten hacia la cuenca del Chicamocha, se encuentran altamente intervenidas por acciones antrópicas, su cobertura natural ha sido y está siendo reemplazada o eliminada por lo que, estos cambios y algunas actividades sin adecuados planes de manejo, han conllevado a un deterioro del suelo, reducción de la retención y regulación hídrica, acentuados procesos de erosión y desestabilización de terrenos.

## Aspectos socioeconómicos

### Población y evolución

El municipio de Sogamoso tiene el mayor índice de crecimiento poblacional en todo el departamento, con más del 2% anual. De acuerdo con las cifras del DANE hasta el año 2003 se registraba una población aproximada de 158 647, habitantes que corresponden al 11,3% de la población total del departamento. Su distribución revela que un 75,74% correspondiente a 120 161 habitantes se localizan en el área urbana, mientras que el 24,26% correspondiente a 38 486 habitantes que se localizan en el área rural. Según el censo de 2005, del total de la población del municipio de Sogamoso el 46,9% son hombres y el 53,1% mujeres (DANE, 2005).

Las proyecciones poblacionales calculadas hasta el año 2010 permiten afirmar que el número de habitantes nacidos en el municipio no alcanzaría a superar los 100 000 habitantes en términos del comportamiento demográfico que se ha venido registrando (DANE 2009-2004). Sin embargo, los procesos migratorios merecen una reflexión en condición de municipio receptor de corrientes poblacionales provenientes de otras regiones.

### Economía e industria

Sogamoso es el nodo regional resultado del cruce de dos grandes ejes de desarrollo como son el eje central nororiental y el eje de los Llanos Orientales, que ha consolidado a la ciudad en los últimos años como ciudad región prestadora de servicios. Su progreso está ligado a la gran riqueza de la región (carbón, caliza, hierro y materiales de construcción). Su calidad de puerta de los Llanos Orientales y la vinculación de los sogamoseños a la industria ganadera de aquella región hacen de la Ciudad del sol y del acero un centro

ganadero y plaza comercial de reconocida valía. Con la instalación en región de la empresa Acerías Paz del Río en 1954, se desarrollaron industrias afines como la cementera, metalmecánica, ladrillera y de alimentos.

La agricultura se caracteriza por su economía campesina minifundista, que abastece de productos como la papa, cereales y hortalizas a la región. En los últimos años se han reintroducido cultivos autóctonos de quinua e introducido el cultivo de uva de alta calidad.

Los datos de producción minera en el municipio de Sogamoso permiten afirmar que esta actividad es muy representativa no sólo para los pobladores rurales sino para empresarios y profesionales del ramo. En la región tienen asiento las empresas cementeras tales como Holcim, Argos y Cementos del Oriente; las siderurgias Acerías Paz del Río y Hornasa, y un gran número de empresas comercializadoras y procesadoras de minerales. Entre las actividades tradicionales está la fabricación de tejas, ladrillos y demás materiales derivados de arcilla en empresas organizadas y en su gran mayoría en pequeñas industrias denominadas “chircales”, que abastecen a Boyacá, Casanare, Cundinamarca y Santander.

#### Infraestructura de transporte

Sogamoso cuenta con un terminal de transporte que funciona desde 1977, el cual presta servicios de ascenso y descenso de pasajeros de rutas intermunicipales e interdepartamentales a Arauca, Casanare, Meta, Santander, Bogotá y Medellín a través de diversas empresas con excelente parque automotor. Sogamoso está conectado con Bogotá por la carretera central del norte, pasando por Tunja, Paipa y Duitama, en una distancia de 219 km, también tiene conexión con los Llanos Orientales a través de la carretera del Cusiana y la ruta de La Libertad (vía Sácama-Tame). Tiene acceso carretable hacia los 13 municipios de la provincia de Sugamuxi. La red vial está conformada por 267 km de vías urbanas y 153 km de vías rurales.

Desde 1946 la ciudad ha contado con aeropuerto y transporte aéreo. Actualmente el aeropuerto Alberto Lleras Camargo cuenta con una pista, una planta física y de radioayudas adecuada que atiende servicios de transporte, principalmente a los Llanos Orientales.

El ferrocarril ha estado ligado a Sogamoso desde el montaje de Acerías Paz del Río a través del ferrocarril del Nordeste. Actualmente se encuentra en funcionamiento transportando cemento desde las plantas de Sogamoso a Bogotá.

#### Educación y cultura

Según el DANE, en el censo de 2005, el 35,1% de la población residente en Sogamoso ha alcanzado el nivel de básica primaria y el 37,8% secundaria; el 9,2% ha alcanzado el nivel profesional y el 1,5%, ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es 6,9%.

El municipio de Sogamoso ofrece educación en todos los niveles: preescolar, básica primaria, básica secundaria, media vocacional y universitaria. Cuenta

para ello actualmente con 16 instituciones educativas oficiales (4 urbanas, 6 rurales y 6 urbano-rurales) con 58 sedes, 793 docentes, 55 directivos docentes (16 rectores, 37 coordinadores, 2 directores de núcleo), y 60 colegios no oficiales que atienden un total de 33 000 estudiantes (Secretaría de Educación, 2006). Todas las instituciones hacen parte del Proyecto Conectividad que da acceso a bibliotecas y educación virtual. Para garantizar la cobertura y permanencia estudiantil en las aulas se ofrecen programas de alimentación escolar para la población que no cuenta con los recursos necesarios, y transporte escolar rural. La calidad de la educación se ve reflejada al ocupar el municipio los primeros lugares en el nivel nacional en las pruebas SABER e ICFES.

En lo que tiene que ver con la educación universitaria existen 5 instituciones (3 oficiales y 2 no oficiales) que ofrecen programas de pregrado y postgrado. El principal centro educativo oficial de educación superior es la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. A este centro convergen la mayoría de jóvenes del municipio y estudiantes de otras regiones interesados en los programas que brinda este centro educativo como son: Ingeniería Geológica, Ingeniería en Minas, Ingeniería Industrial, Ingeniería Electrónica, Administración de Empresas y Contaduría Pública, además de los programas a distancia y postgrados.

Una institución tecnológica de gran importancia en la región es el SENA, con sus programas académicos ofrece posibilidades a la comunidad para mejorar su nivel educativo y alternativas de empleo. El Centro Nacional Minero, cuenta con una mina de carbón didáctica.

## Aspectos ambientales

### Abastecimiento de agua

La principal red de distribución proviene del lago de Tota, su bocatoma está en el municipio de Cuitiva conducida por 19 km hasta los tanques de tratamiento en la planta de Chacón, al sureste de la ciudad, con una capacidad de 360 litros/seg., y de allí es conducida a la red de distribución municipal.

Otra red de distribución tiene su bocatoma en el río Tejar (15 litros/seg) en el municipio de Monguí, el agua es conducida hasta la planta de tratamiento del Mode donde se aportan otros 15 litros/seg del pozo profundo La Esperanza. Este acueducto abastece la zona nororiental.

El servicio de agua potable se presta a través de La Compañía de Servicios Públicos S. A. ESP. Cuenta con plantas de tratamiento que permite entregar una calidad óptima de agua potable, apta para consumo humano, y es una de las mejores del país. El cubrimiento de acueducto en el municipio es de 94,1 % (DANE, 2005), pero hay que tener en cuenta que la mayor parte de su extensión corresponde al área rural. Precisamente en dicha área se tienen acueductos veredales entre los que se resaltan los de Llano Grande y Las Cañas.

### Alcantarillado

Su cubrimiento es del 86,9% (DANE, 2005). Este servicio es prestado por la Compañía de Servicios Públicos S.A. ESP, las aguas servidas son conducidas al canal de Venecia al occidente de la ciudad. Las aguas actualmente no tienen

ningún tipo de tratamiento, pero se están haciendo esfuerzos junto con la autoridad ambiental para implementar las plantas de tratamiento antes de ser vertidas al río Chicamocha.

#### Manejo integral de residuos sólidos

El servicio de recolección de basuras tiene un cubrimiento total del 78% y la disposición final de los residuos no aprovechables se efectúa de manera adecuada en el relleno sanitario *San José del Porvenir*, que inició su funcionamiento en 1995 y se está adecuando para disponer hasta el 2008. Los residuos de la ciudad actualmente son de 65 ton/día de los cuales el 40% son aprovechadas mediante reciclaje y compostaje. Esta planta de manejo integral de residuos sólidos de la Compañía de Servicios Públicos S.A. ESP, es modelo en la región.

#### Materiales de construcción

Sogamoso y su entorno es minero por excelencia. En el costado occidental del valle, donde afloran rocas de las formaciones Tibasosa y Belencito, se extraen calizas para las industrias cementeras establecidas en la región y como agregados para la construcción. Igualmente bordeando el valle al occidente, estas calizas son quemadas en algo más de 180 hornos para la obtención de cal.

Al sureste y noreste de la ciudad en Las Areneras y San José del Porvenir, se aprovechan artesanalmente las areniscas de la Formación Picacho para la extracción de arenas para la construcción y filtros.

Al noreste de la ciudad y en una larga franja ocupada por las formaciones Arcillas de Socha y Guaduas, en Pantanitos, Buenavista y San José Bolívar, funcionan más de 520 “chircales” donde se fabrican tejas y ladrillos principalmente. Más al este desde Morcá al noreste hasta El Pedregal al sureste, se explota el carbón térmico de la Formación Guaduas que abastece las industrias y plantas de la región. Igualmente en estos sectores se explota la roca fosfórica del nivel inferior de la Formación Ermitaño (Plaeners). Estas lidades de Ermitaño, igualmente, son utilizadas como agregados de construcción y como “recebo” para carreteras.

#### Contaminación

Además de las grandes industrias de la región, con excepción de las cementeras que han implementado filtros y demás dispositivos minimizadores de la contaminación ambiental; tanto el cinturón de hornos para quema de cal al occidente del valle, como el cinturón de “chircales” para la producción de ladrillos y tejas al este, contribuyen a la alta contaminación atmosférica del valle Sogamoso; contaminación favorecida por la topografía del valle y sus montañas circundantes y a la dinámica de los vientos.

En materia de la contaminación de las aguas superficiales, al río Chicamocha, el cual viene contaminado desde su nacimiento en inmediaciones de Tunja y recoge la contaminación de Paipa, Duitama y de industrias del corredor industrial, se le vierten en Sogamoso las aguas servidas.

### Microzonificación sísmica

Con fines de microzonificación sísmica, en la ciudad se han adelantado estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos tendientes a zonificar los materiales sobre los que se encuentra asentada, así como los espesores del aluvial antiguo y del cuaternario fluviolacustre que ocupa el valle, y el paleorelieve de la cuenca y demás rasgos geológicos que la afectan. En estas actividades han participado la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia—UPTC con el apoyo de Colciencias, Ingeominas, IGAC y Ecopetrol. De acuerdo con los resultados obtenidos en las investigaciones recientes, la cuenca fluviolacustre de la ciudad de Sogamoso se encuentra dividida en dos debido a la presencia de una barrera, posiblemente determinada por los materiales del aluvial antiguo, localizada entre Malta kilómetro 1 en la vía que conduce de Sogamoso a Tibasosa, y el Cerrito al oeste del municipio. Las áreas más profundas se localizan en el centro del casco urbano y al sur, en el sector del aeropuerto Alberto Lleras Camargo, donde se alcanzan los 250 metros de espesor (Carlosama et al., 2006). El depósito que cubre la traza de la Falla de Soapaga, al occidente, es de aproximadamente 200 metros.

### Aspecto reglamentario e institucional

#### Plan de Ordenamiento Territorial

El acuerdo No. 096 del 2000 dio vía a la elaboración del POT para el municipio de Sogamoso. Se siguió la metodología diseñada por el decreto 879 de 1998 y demás disposiciones metodológicas emanadas del Ministerio del Desarrollo Económico, el IGAC, el Ministerio del Medio Ambiente y Corpoboyacá, entre otros. Este documento está vigente hasta el año 2009. Con la ordenación del territorio, se priorizó en el área urbana y de expansión, la consolidación de la ciudad; la definición e implementación de áreas de desarrollo urbano, suburbano y de expansión, con los respectivos usos del suelo y actividades; de conservación urbana y de reserva. Las áreas degradadas por explotaciones mineras son consideradas de restauración morfológica y de rehabilitación de suelos de expansión en el sector “chircaleño”. Las laderas próximas al valle han sido consideradas como de protección de pendientes y de protección paisajística rural. En la zona rural occidental próxima a la cabecera municipal se declararon zonas de protección paisajística rural; y en áreas mal drenadas se declararon zonas de protección de humedales.

La necesidad de lograr un desarrollo sostenible ha conducido a los sogamosenses a actuar con responsabilidad frente al entorno natural. En el área rural, además de la definición de áreas para el desarrollo agropecuario y minero, se debe resaltar la definición de áreas expuestas a amenazas, áreas de conservación y protección del medio ambiente y recursos naturales, considerando al agua como eje articulador del desarrollo integral de las comunidades. Sogamoso ha dado un paso adelante al asumir el compromiso de cuidar sus áreas de páramo con una visión de conjunto para todo el oriente colombiano (la protección del páramo se definió por encima de la cota 3450), mientras que la zona de amortiguación se definió entre las cotas 3300 y 3450 msnm.

### Turismo

El municipio de Sogamoso ofrece al turista una gran variedad de servicios y atractivos para su comodidad ya que cuenta contando con una excelente infraestructura hotelera. Podrá disfrutar de atractivos históricos religiosos, industriales, ecológicos, senderismo y arte rupestre (Unidad de Desarrollo y Medio Ambiente, 2004). Algunos de los principales atractivos son: el Museo Arqueológico que constituye un patrimonio histórico y cultural, allí podemos encontrar una replica del Templo del Sol, centro espiritual y religioso de los muisca, cuenta con una valiosa colección de arte precolombino, cerámicas, orfebrería, textiles, materiales en madera y piedra, huesos fósiles y momias halladas en enterramientos de la región.

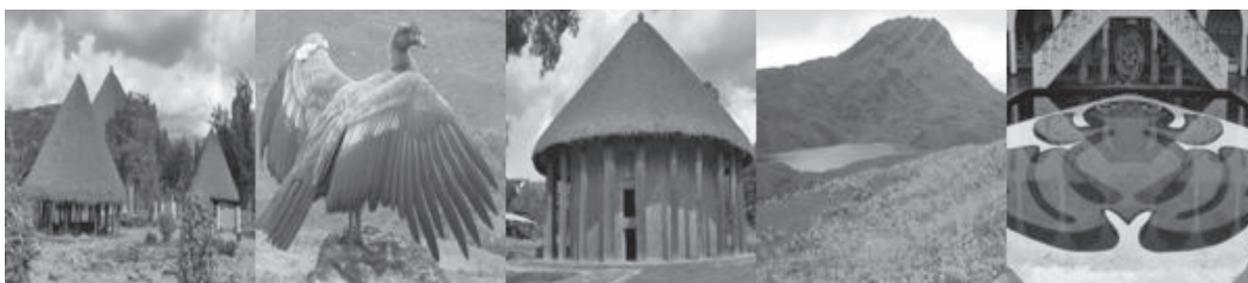


Figura 2. Atractivos turísticos del municipio de Sogamoso. Museo arqueológico, cóndor andino, Templo del Sol, páramo de Siscunsi, símbolo muisca “Rana de la fertilidad”

Otro atractivo es el páramo de Siscunsi ubicado ubicado 48 km al este de la ciudad. Allí, además de paisaje altoandino, hay un compromiso con el apoyo a las iniciativas comunitarias compartidas para implementar planes ecoturísticos. La presencia de visitantes permite que las comunidades campesinas permanezcan en su territorio y contribuyan a conservarlo. El cóndor andino puede ser avistado a lo largo de las diferentes rutas y escenarios naturales, donde además se tiene la posibilidad de guianza, alimentación, zonas para acampar, alquiler de caballos y transporte. Próximamente, los investigadores sobre temáticas altoandinas tendrán la infraestructura de alojamiento y facilidades para tal fin.

A 7 km al este de la ciudad se encuentra el Santuario de la Virgen de la O de Morcá, allí se realizan peregrinaciones los primeros sábados de mes con gran concurrencia de feligreses.

Desde Sogamoso se conecta con sitios turísticos de la provincia, como el lago de Tota, las termales de Iza y Cuitiva, las poblaciones de Monguú con sus atractivos arquitectónicos y fábricas de balones, Tópaga con sus niños artesanos en tallas de carbón, y los alumbrados navideños de Corrales, Tibasosa y Nobsa, el cual además se reconoce como centro artesanal.

### Conclusiones y recomendaciones

- La ciudad de Sogamoso se localiza en un altiplano antiguo rodeado por montañas de litología diversa que coronan en “cinturones” paramunos,

que le imprimen a la región un atractivo paisajístico y una gran oportunidad en el acceso a los recursos naturales.

- La ciudad goza de una buena organización urbanística, parques, zonas verdes y sitios de atractivo turístico, que sumada a la calidad de ciudad prestadora de servicios y paso obligado a otros municipios de los alrededores con bondades ecoturísticas, industriales, religiosas y culturales, ofrece a los visitantes diversas alternativas y comodidades.
- En las montañas altoandinas al oriente del municipio, la administración municipal y las autoridades ambientales en armonía y participación de la comunidad están desarrollando proyectos conservacionistas y proteccionistas de nuestros ecosistemas estratégicos con una importancia y repercusión regional con oportunidades ecoturísticas e investigativas.
- Sin embargo, las acciones antrópicas sobre las laderas próximas a la ciudad, dejan ver impactos paisajísticos negativos ligados a las explotaciones mineras y cambios en la cobertura del suelo.
- El cambio en la cobertura natural del suelo ha conllevado a la pérdida de la regulación hídrica en las montañas circundantes a la ciudad.
- Ambientalmente, ante la presencia de industrias “chircaleras” y “caleras” en los alrededores del valle, sumadas a las emisiones de las grandes factorías existentes en la región y a la pasividad de las autoridades ambientales y administrativas en la consolidación de soluciones concretas, se le sigue confiriendo a Sogamoso el calificativo de una de las ciudades más contaminadas atmosféricamente del país y con índices de mortalidad y morbilidad bastante preocupantes.
- La administración municipal y las autoridades ambientales deben propender por buscar soluciones más eficaces para recuperar áreas degradadas por explotaciones mineras, ordenar y recuperar con vegetación nativa las rondas de microcuencas en las laderas aledañas a la ciudad y así, mejorar la regulación hídrica, disminuir tasas de erosión - sedimentación y amenazas geoclimáticas.
- El paso de un río altamente contaminado como el Chicamocha y la entrega de las aguas servidas de la ciudad al mismo, ameritan un manejo integral especial con la participación de los municipios contaminadores, la corporación autónoma regional y el gobierno nacional, que permita la descontaminación de este río y la recuperación de su oferta hídrica y de oportunidades ecoturísticas en todo su recorrido.
- En materia de la contaminación atmosférica se requiere que las autoridades ambientales se comprometan más en la búsqueda de alternativas de solución efectiva a las altas emisiones de algunas industrias que a la vez son vulnerables por el impacto social, y que sean más estrictas en hacer cumplir las normas ambientales.
- Aunque hay una gran dependencia del recurso hídrico que ofrece el lago de Tota y pensando en la sustentabilidad del mismo, la Empresa de Servicios Públicos y la Alcaldía Municipal están en mora de utilizar el gran potencial hidrogeológico que posee el subsuelo del valle de Sogamoso.
- Se requiere una mayor colaboración por parte de las autoridades municipales y departamentales, así como de las grandes industrias, en inves-

tigaciones de interés común, como la evaluación de la amenaza sísmica regional y la microzonificación sísmica, la evaluación del modelo hidrogeológico del valle de Sogamoso, la implementación de planes de recuperación de terrenos, planes de manejo integral de microcuencas y evaluación de amenazas geoclimáticas.

## Bibliografía

BECERRA, O. & PÉREZ, W. (2004), *Estudio de prefactibilidad para el modelamiento y la sectorización de las condiciones hidrogeológicas en la zona urbana del municipio de Sogamoso*. Proyecto de Grado. UPTC.

CARLOSAMA, H., ALDANA C, ALARCON H, BARRERA W., (2006) *Modelo geológico geofísico del subsuelo de Sogamoso para la Microzonificación sísmica de la ciudad*, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería Geológica.

COOSERVICIOS S.A. ESP. (2003) *Estudio de impacto ambiental para el relleno sanitario del municipio de Sogamoso*. 43 p.

\_\_\_\_\_ (2005) *Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Sogamoso*. 162p.

COY M., A. (1990). *Anales de Sogamoso*. Centro de investigaciones de Sogamoso. 320 p.

\_\_\_\_\_ (2003). *Cátedra Suamox Sogamoso y su identidad*. Casa de la cultura.150p.

DANE (2005). Censo general 2005. Disponible en [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)

MUNICIPIO DE SOGAMOSO (2000) *Plan de ordenamiento territorial 2000-2009*, Alcaldía Municipal, Acuerdo 096 de 2000. 200 p.

\_\_\_\_\_ (2004). *Plan de desarrollo del municipio de Sogamoso*. Unidad de desarrollo Municipal, Alcaldía Municipal, 48p.

PAGE, W.D. (1986). *Geología sísmica y sismicidad del noroeste de Colombia*. Woodward – Clyde Consultants. INTEGRAL. Medellín. 1986.

REYES, I. (1984). *Geología de la región Duitama-Sogamoso-Paz de Río*. (Departamento de Boyacá). Facultad Seccional Sogamoso. Escuela de Ingeniería Geológica. UPTC, Sogamoso

UNIDAD DE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE (2004). *Plan de desarrollo turístico municipio de Sogamoso*.

# Valledupar

Calixto Ortega Montero

## Reseña histórica

Valledupar fue fundada por Hernando de Santana en 1550, quien la bautizó como Ciudad de los Santos Reyes del Valle de Upar, recogiendo el significado del día de su fundación y de la figura del cacique Upar. El sitio seleccionado está localizado a orillas del río Guatapurí, cerca a su desembocadura en el río Cesar.

En 1560 Valledupar alcanzó la categoría de parroquia y en 1600 se le designó cabecera de distrito; posteriormente, en 1850, llegó a ser la capital de la provincia de Valledupar y en el año 1864 fue capital del departamento de Valledupar del Estado Federal del Magdalena. En 1888, por disposición de la Asamblea del Magdalena, fue nuevamente provincia hasta 1930, cuando se convirtió en municipio del departamento del Magdalena. Desde 1967, es la capital del departamento del Cesar.

## Entorno biofísico

Ubicación, división geográfica y límites

Valledupar está situada en la margen derecha del río Guatapurí, a 10° 28' de latitud norte y 73° 15' de longitud oeste; su territorio se extiende desde las estribaciones de la sierra nevada de Santa Marta hasta las vecindades del río Cesar. El municipio limita por el norte con los departamentos del Magdalena y La Guajira (municipios de Riohacha y San Juan del Cesar); por el sur con los municipios de La Paz, San Diego y El Paso (Cesar); por el este con los de Villanueva y Urumita (La Guajira); por el occidente con los de Bosconia, El Copey (Cesar) y Aracataca (Magdalena). El territorio que ocupa el municipio es de 497 769 hectáreas.

La población está asentada en una planicie extensa y homogénea a 170 metros sobre el nivel del mar—msnm de altitud, configurada por el abanico aluvial de Valledupar. Un sector reducido, al norte de la ciudad, está representada por una topografía ondulada, integrada por los cerros aledaños La Popa, Cicolac y Hurtado, con alturas que alcanzan 330 msnm.

## Clima y vegetación

El clima de la región está determinado por la posición del valle del Cesar, entre la sierra nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá y por la acción de los vientos alisios que ejercen una marcada influencia, durante gran parte del año.

El régimen pluviométrico es bimodal, con dos períodos de lluvias: de abril a junio y de septiembre a noviembre, intercalados con periodos secos. Su pre-

precipitación promedio es de 900 a 1000 mm anuales. La temperatura promedio es de 28°C.

El brillo solar presenta altos valores con 2000 a 3000 horas de insolación anual. Los meses de mayor incidencia son los de diciembre, enero, febrero y junio.

La vegetación corresponde a la de Bosque seco Premontano (Espinal, 1997).

#### Hidrología

La ciudad de Valledupar está ubicada en la margen derecha del río Guatapurí, cerca a su confluencia con el río Cesar.

Cuenca del río Cesar. Localizada entre la sierra nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá, el río Cesar tiene una longitud de 280 kilómetros.

Entre sus afluentes se destacan los ríos Guatapurí, Badillo, Seco, Diluvio, Cesarito, Garupal y Ariguaní. El caudal, medido aguas abajo de su confluencia con el río Guatapurí, (estación Salguero) es de 33,84 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Concept Ltda., 1998).

Subcuenca del río Guatapurí. El río Guatapurí nace en la laguna de Curigua a 4400 msnm en la sierra nevada de Santa Marta. En su recorrido recibe las aguas de los ríos Donachuí, Curiba, Los Mangos y Capitanejo, caracterizados por ser ríos torrenciales. Tiene una longitud de 85 km y su caudal promedio anual, medido en la estación El Reposo, es de 15,8 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Concept Ltda., 1998).

Aguas subterráneas. El perímetro urbano de Valledupar se encuentra asentado sobre el abanico aluvial de Valledupar, que alberga un acuífero de cierta consideración y además está relacionado con los acuíferos de llanura aluvial y terrazas.

Acuífero Abanico de Valledupar. Ocupa una extensión de 125 km<sup>2</sup>, con su ápice en la sierra nevada de Santa Marta (SNSM); está constituido por lentejones de gravas gruesas, arenas y cantos de roca ígnea, en una matriz limo arcillosa. Su espesor varía entre 30 y 50 m, y desarrolla en este sector un acuífero libre de poca profundidad. El agua es dulce, de tipo carbonatada, calcicomagnésica, apta para el consumo humano (Ingeominas y Corpocesar, 1995). Este acuífero está explotado por 90 aljibes con rendimiento promedio de 3ls<sup>-1</sup>.

Acuífero llanura aluvial. Debajo del anterior se encuentra otro semiconfinado: el sistema de llanura aluvial, con caudales de 30 a 80 ls<sup>-1</sup>.

Acuíferos de terrazas. Al nororiente de la ciudad, en las márgenes de los ríos Cesar y Guatapurí, se desarrolla un sistema de acuíferos de terrazas. Es un acuífero libre con un nivel freático de 2,0 a 4,0 m. El agua es de tipo carbonatada, cálcica, magnésica, dulce y apta para el consumo humano (Ingeominas y Corpocesar, 1995).

#### Geomorfología

Se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas en el perímetro urbano de Valledupar:

Zona de laderas y colinas. Representa las partes más altas, hacia el extremo norte, con una topografía ligeramente ondulada que incluye los cerros aledaños La Popa, Cicolac y Puente de Hurtado.

Zona plana aluvial. Está constituida por terrazas, abanicos aluviales y llanuras de inundación. Se destaca el abanico de Valledupar por su extensión e importancia, puesto que sobre él se encuentra asentada la ciudad.

Las terrazas aluviales, formadas por disección del río en el abanico de Valledupar, ocupan las riberas del río Guatapurí. Se localizan en los bordes actuales y en cauces abandonados.

### Geología

El perímetro urbano de la ciudad, emplazado en la esquina suroriental de la SNSM, presenta las siguientes unidades litológicas (Tschanz et al., 1969).

Ignimbrita de los Clavos (JIC). Esta unidad se considera como una brecha ignimbrítica de color negro a gris oscuro. Los análisis micropetrográficos permiten clasificarla como tobas soldadas cuarzolatíticas y riolitas, de origen piroclástico. Sus afloramientos se destacan claramente, y ocupa los sectores topográficos más altos: cerros Cicolac y La Popa al norte y noroeste de la ciudad.

Cuarzomonzonita (JIM). Está representada por rocas de color rosado, textura media a menudo porfirítica, de composición cuarzomonzonítica a cuarzolatita. Sus afloramientos forman promontorios que sobresalen de la planicie aluvial: pozo Hurtado y Pueblito Vallenato en las riberas del río Guatapurí al noroeste de la ciudad.

Depósitos no consolidados. Abanico de Valledupar (QAAV). Este depósito aluvial, producto de avenidas torrenciales del río Guatapurí se presenta como un cuerpo tabular con ápice en la SNSM y ensanche hacia el sur y suroeste; ocupa una extensión de 125 km<sup>2</sup> y tiene un espesor entre 30 y 50 m y está conformado por bloques subangulares de 15 a 150 cm de diámetro de fragmentos de roca ígnea heterogénea en una matriz areno limosa.

Terrazas aluviales (Qt). Afloran en las riberas del río Guatapurí conformando superficies planas levemente inclinadas. Se manifiestan como cuerpos tabulares al noreste del puente Hurtado, y se amplían hacia el sur y suroeste de la ciudad. Están conformadas por bloques subredondeados hasta de 2,0 m de diámetro de rocas ígneas heterogéneas en una matriz arenolimsa.

Llanuras de inundación (Qlli). Corresponden a las zonas eventualmente afectadas por las crecientes del río Guatapurí; se ubican tanto en las márgenes del cauce principal como en los cauces abandonados. Conforman alargados cinturones en el sector de la Universidad Popular y del Pozo de Los Caballos; están constituidas por gravas, arenas y limos.

Aluviones recientes (Qal). Corresponden a los depósitos no consolidados de gravas, arenas y limos, material de arrastre del río Guatapurí. Son observables en forma sectorizada en su cauce, al frente de las instalaciones de la Universidad Popular y estaderos del Pozo de Los Caballos.

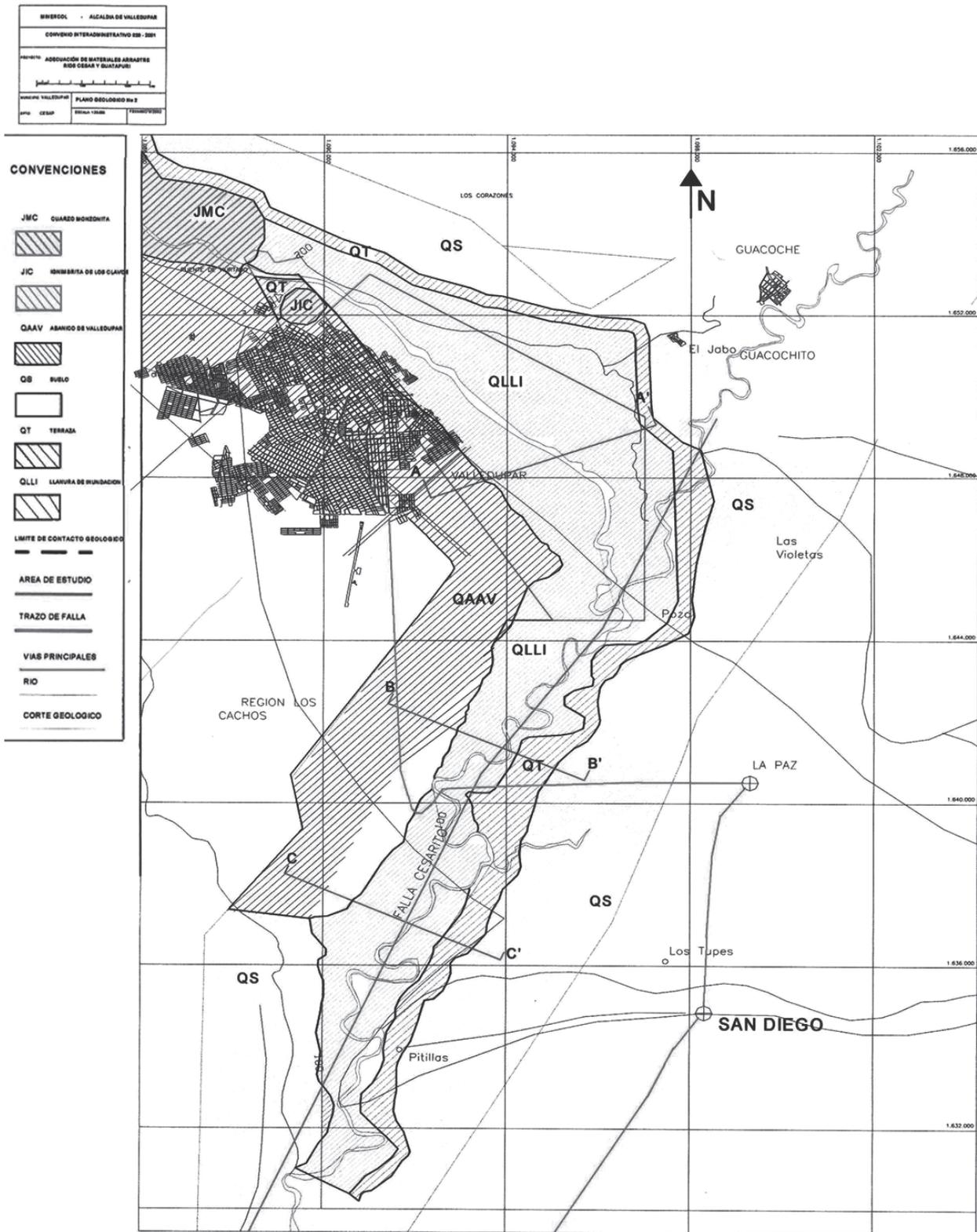


Figura 1. Mapa geológico del Cesar

## Tectónica

El sector está delimitado por tres rasgos tectónicos de importancia: por el norte por la Falla de Oca, por el suroeste con el sistema de fallas de rumbo Santa Marta–Bucaramanga y por el este con el sistema de fallas Cesar–Cesarito.

En el perímetro urbano y zonas aledañas no se evidencian rasgos tectónicos destacables; se ha inferido el trazo de una falla de alguna magnitud a lo largo del río Guatapurí (Arango, 1980); adicionalmente se debe considerar la existencia de un alineamiento, con dirección norte-noroeste, a lo largo del río Guatapurí y diaclasamiento con la misma dirección de los cuerpos igneos (JMC–JIC) que afloran en el área.

En cumplimiento del estudio de factibilidad de la presa Los Besotes, en la cuenca del río Guatapurí, Ingeominas, con el auspicio de las Empresas Públicas Municipales, ha instalado una red de cuatro sismógrafos portátiles, con la finalidad de detectar actividad sísmica.

## Procesos erosivos

En el sector es posible reconocer los siguientes efectos:

Erosión por escurrimiento de aguas superficiales. Se presenta frecuentemente en los afluentes secundarios del río Guatapurí, se manifiesta en forma de surcos y cárcavas en áreas de poca vegetación; su intensidad se considera de ligera a moderada.

Erosión por acción de corrientes. Los procesos, evidenciados en el sector del río Guatapurí entre el puente de Hurtado y su desembocadura en el río Cesar, son producidos por el socavamiento de las orillas y profundización del cauce. Este fenómeno se considera de intensidad intermedia y ejerce una mediana incidencia en el modelamiento del relieve actual.

El área suburbana de Valledupar ha sido afectada en reiteradas ocasiones por avenidas torrenciales, derrumbes y deslizamientos de cierta consideración ocurridos en la cuenca del río Guatapurí.

Erosión eólica. El sector se ve afectado por este fenómeno por la acción de los vientos alisios, durante los meses de verano; tiene sin duda incidencia en el modelado geomorfológico de la zona. Se puede considerar este fenómeno de intensidad severa, sobre todo en los meses de diciembre, enero, febrero, julio y agosto.

Erosión por factores antrópicos. Se relacionan directamente con la deforestación de las riberas de estos ríos, por el inadecuado manejo de sus aguas, acequias, drenajes para riegos y construcciones urbanas. Se debe considerar asimismo el efecto de la extracción de materiales de arrastre en los cauces.

## Aspectos socioeconómicos

### Población

El perímetro urbano de Valledupar ocupa una extensión de 4307 km<sup>2</sup> y su población se estima en 370 000 habitantes. La ciudad cuenta con 6 comunas distribuidas en 138 barrios. El municipio cuenta además con 24 corregimientos y 102 veredas; el 84% de la población es urbana y su densidad territorial es de 68,4 habitantes/km<sup>2</sup>.

La evolución de la población muestra un crecimiento acelerado en las últimas cinco décadas (tabla 1).

Tabla 1. Evolución de la Población de Valledupar

AÑO	POBLACIÓN	CABECERA (%)
1938	15 801	21,1
1951	26 442	34,1
1964	78 437	55,5
1973	156 156	63,2
1985	223 637	66,2
1990	256 343	62,5
1995	293 336	69,3
2000	331 218	70,4
2005	370 000	70,9

Fuente: Plan de Ordenamiento Municipal (2000).

#### Economía e industria

Consiste principalmente en proyectos agroindustriales. La ganadería ocupa el primer lugar en los renglones productivos del municipio. La leche es procesada en la ciudad desde hace 38 años; en dos plantas procesadoras con capacidad, de 1 100 000 l/día; en época de verano el procesamiento es del orden de 550 000 l/día. La agricultura tiene en la palma africana y el arroz sus principales productos. Las empresas mineras carboníferas ejercen una fuerte influencia en la economía local y regional. Actualmente se inicia el desarrollo de la industria fonográfica para el mercado nacional e internacional, basada en la comercialización de la música vallenata.

#### Vías y transporte

El municipio posee en total 1050 km de vías, de las cuales se encuentran pavimentadas 144; las restantes son destapadas y en regular estado. Asimismo Valledupar cuenta con una terminal de transportes con asiento de las principales empresas transportadoras intermunicipales e interdepartamentales. Posee un aeropuerto de nivel 3, habilitado para la operación nocturna con pista larga para vuelos nacionales e internacionales.

#### Educación

El municipio tiene registrados 114 establecimientos de educación pre-escolar; 250 de educación primaria (50% en la cabecera municipal); 19 centros de educación secundaria (60% en la cabecera municipal) y 15 instituciones de educación superior y tecnológica. La población escolar, básica primaria y secundaria es de 53 847 estudiantes (42 002 urbanos y 11 847 rurales); adicionalmente existen 27 instituciones privadas de educación no formal, orientados básicamente hacia las áreas de sistematización, contabilidad, administración, comercio y confecciones.

## Salud

Hay 5 hospitales y 3 centros de salud oficiales; adicionalmente se reporta la existencia de 29 instituciones privadas como clínicas, centros de salud y unidades médicas.

## Aspectos ambientales

## Abastecimiento de agua

La ciudad cuenta, hasta el momento, con un suministro de agua confiable, continuo y de excelente calidad, proveniente del río Guatapurí. A su paso por Valledupar, este río le proporciona a la ciudad el caudal necesario para suplir sus necesidades de consumo.

## Río Guatapurí

Valores medios mensuales de caudales en  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$  (1965-2000)

Valores	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Máximo	13.9	10.4	8.4	22.6	52.8	51.8	21.5	43.6	66.0	73.3	44.0	28.8
Medio	7.7	5.6	5.0	9.0	21.4	18.8	12.2	17.0	23.9	32.5	25.6	14.0
Mínimo	3.8	2.4	2.4	3.0	5.6	6.3	5.2	5.7	10.6	12.1	9.3	5.0

Fuente: (IDEAM, 1995) Estación El Reposo.

La empresa prestadora del servicio, Emdupar, se surte del río mediante un canal abierto con un volumen de captación de 6 400 000  $\text{m}^3/\text{mes}$  y un caudal teórico de 5,0  $\text{m}^3/\text{s}^{-1}$  (caudal real de 2,5  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ). Los suscriptores actuales son 56 158 y la cobertura del 98,3%. Con proyección al año 2035, Emdupar proyecta llevar a feliz término el proyecto multipropósito Los Besotes, en el río Guatapurí con capacidad de 37,1 x  $\text{mm}^3$  para el abastecimiento futuro de la población y la irrigación de por menos 8000 hectáreas.

## Materiales de arrastre

Los ríos Guatapurí y Cesar han aportado tradicionalmente el material de construcción, específicamente material de arrastre destinado a las obras urbanísticas de la ciudad, representado por gravas, gravillas y arenas.

RÍO	FRENTE	MATERIAL	RESERVAS ( $\text{m}^3$ )
Cesar	Casitas	Gravas, arenas	20 x $10^6$
Cesar	Garzas	Arenas, gravas	17 x $10^6$
Guatapurí	Ne-valledupar	Gravillas, gravas	9 x $10^6$

El consumo de estos materiales en el municipio de Valledupar es del orden de 200 000  $\text{m}^3/\text{año}$  (Convenio 026-2001 Minercol-Alcaldía Valledupar).

### Zonas de alto riesgo

Las zonas suburbanas de la ciudad han sido afectadas periódicamente por avenidas torrenciales y movimientos en masa de consideración. Las laderas del río Guatapurí presentan en su parte media pendientes mayores de 45°, susceptibles de generar deslizamientos al cauce.

Ingeominas y Corpocesar (1989) señalan tres sectores de alto riesgo con alta probabilidad de ocurrencia de desastres naturales: cerro Donarúa en su parte media; la margen derecha del mismo río en la zona urbana y el río Calderas a 5 km al oeste de la ciudad. Ocurrieron avenidas torrenciales que propiciaron el desalojo de los asentamientos urbanos ubicados a orillas del río Guatapurí en los años 1987, 1989, 1993, 1997 y 2005 y asimismo en el río Calderas en 1987 y 2005.

### Plantas de tratamiento

El servicio de alcantarillado presenta una cobertura del 93% (urbano) y cuenta con 50 803 usuarios. La ciudad cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales compuesto por 10 colectores principales, 3 emisarios finales y 2 lagunas de estabilización. La laguna El Tarullal (1984), ocupa un área de 47,84 hectáreas y cuenta con una batería de lagunas para lodo y anaeróbicas a las que se vierten 397 ls<sup>-1</sup>. La laguna El Salguero (1994), localizada a 9 km, está procesando actualmente 633 ls<sup>-1</sup>; está constituida por una zona de cribado y desarenado, ocho lagunas anaeróbicas, cuatro lagunas facultativas y cuatro de maduración. Su diseño de operación es de 427 ls<sup>-1</sup> (Emdupar, 1994).

### Alcantarillado pluvial

Diseñado para cubrir el 100% del área urbana, por operación de 15 colectores; actualmente sólo se han construido y están en operación 5 de ellos.

### Relleno sanitario

La ciudad cuenta con 41 201 usuarios del servicio de aseo, con cobertura de 98% en la zona urbana. Los residuos sólidos se disponen en el relleno sanitario Los Corazones en funcionamiento desde el 2002, ubicado a 8,5 km al norte de la ciudad; su diseño establece una capacidad de 1 400 000 m<sup>3</sup> de residuos y su vida de operación es de 10 años. En promedio hoy se depositan 240 ton/día.

### Aspectos reglamentarios e institucionales

#### Área metropolitana

Creada mediante Resolución No. 088 de 1994 del Consejo Municipal de Valledupar, integra los municipios de Valledupar, que ejerce como núcleo, La Paz, San Diego, Codazzi y Manaure. Sus estatutos fueron aprobados mediante consulta popular en 1997. En el año 2002 se registró ante notaría pública.

#### Zona Especial Económica de Exportación (ZEEE)

La Zona Económica Especial de Exportación (ZEEE), fue creada mediante la Ley 677 del 03 de agosto de 2001. Las ventajas propuestas son:

- Estabilidad jurídica, contratos a 20 años
- Exenciones tributarias

- Retención en la fuente e impuestos de renta
- Impuesto de remesas para pago de interés
- Aranceles para maquinaria e insumos

#### Plan de Ordenamiento Territorial (POT)

El POT vigente rige desde 1999; puesto en ejecución en enero de 2000, fue diseñado para un plazo de 9 años. Se efectuó en primer lugar un diagnóstico de las dimensiones socioeconómicas de servicios sociales, de servicios públicos y el perfil económico. Se adelantó asimismo un análisis de dimensión ambiental.

Se establecieron cinco estrategias de cumplimiento:

- Manejo sostenible del territorio; preservación del agua
- Sostenibilidad y desarrollo humano; servicios sociales
- Fortalecimiento del desarrollo cultural
- Reactivación económica
- Apertura territorial e integración regional, nacional e internacional.

#### Oficina de Atención y Prevención de Desastres

Fue creada mediante Decreto No. 000252 de la Alcaldía Mayor, en el 2005 y adoptó un plan local de emergencia elaborado por el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD), que a su vez depende de la Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres. Actualmente es una dependencia adscrita a la Secretaría de Gobierno Municipal.

#### Conclusiones y recomendaciones

- La población del municipio ha experimentado una fuerte expansión en los últimos 50 años.
- La cabecera municipal ha expandido su población, con respecto de la rural, pasando del 34% en los años cincuenta al 70% en el 2005.
- El alcantarillado pluvial sólo ha sido desarrollado en un 42%. Se hace necesario ejecutarlo en su totalidad.
- La operación de las lagunas de tratamiento El Salguero ya sobrepasa en un 50% su capacidad de diseño. Es urgente implementar nuevas estrategias de tratamiento de aguas residuales en el municipio.
- Los frecuentes cambios del curso del río Guatapurí en la llanura aluvial hacen peligrar la estabilidad de las lagunas de tratamiento El Tarullal. Se deben adelantar estudios geotécnicos que permiten evaluar su riesgo y determinar medidas preventivas.
- Se está iniciando el desalojo y reubicación de los moradores de la margen derecha del río Guatapurí. Es prioritario llevarla a feliz término para así dar solución definitiva a este sector de alto riesgo de la ciudad.
- El proyecto multipropósito Los Besotes, en su proyección de abastecimiento futuro de agua para el acueducto de la ciudad (para el año 2035), debe continuar y culminar los propósitos establecidos.
- El Área Metropolitana, creada en 1994, aún no entra en operación. Sería de gran utilidad para la ciudad culminar esta idea.

- La Zona Especial de Exportación, creada en el año 2001, actualmente no desarrolla ninguna gestión o actividad.
- El Plan de Ordenamiento Territorial (POT), puesto en marcha desde el año 2000 y con vigencia de 9 años, necesita urgentemente una revisión y actualización.

## Bibliografía

ALCALDÍA VALLEDUPAR Y ASESORÍAS MUNICIPALES (2000). Plan de Ordenamiento Territorial, 237 p.

ALCALDÍA VALLEDUPAR Y MINERCOL (2002). Convenio 026-2001. Materiales de arrastre ríos Cesar y Guatapurí. Informe Diagnóstico, 81 p.

ARANGO, J. (1980). “Elementos tectónicos del valle del Cesar”. En: *Geología Norandina*, No1, p. 35-40.

CONCEPT LTDA (1998). *Impacto ambiental de la explotación de material de arrastre de los ríos Guatapurí y Cesar*, 64 p.

DAZA, H. & ARAUJO, J. (1991). *El Cesar, provincia, expresión y desarrollo*. Congreso Nacional, edición especial, 214 p.

EMDUPAR, S.A., (1994). Plan maestro de acueducto y alcantarillado de Valledupar. Memorias Programa de uso eficiente de agua Valledupar, 86 p.

ESPINAL, L. S. (1997). Zona de vida y formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa del mapa ecológico, Bogotá. IGAC, 233 p.

IDEAM (1995). Estadísticas hidrológicas de Colombia, 1990–1993, Tomo 1, Bogotá, 578 p.

INGEOMINAS & CORPOCESAR (1995). Evaluación aguas subterráneas en el departamento del Cesar, 372 p.

\_\_\_\_\_ (1989). Zonificación Geotécnica del Cerro Donarua y Caminos de Valerio, Resumen, 12 p.

TSCHANZ, C. JIMENO V., & CRUZ, J. (1969). Mapa geológico de reconocimiento de la sierra nevada de Santa Marta. Ingeominas, escala 1:200 000.



Academia Colombiana de Ciencias  
Exactas, Físicas y Naturales



*Este libro se terminó de imprimir en  
Editorial Artes y letras Ltda., en el mes de julio de 2007.*

*La carátula se imprimió en propalcote C1S 250 gramos,  
las páginas interiores en propal beige 70 gramos.*

*Las fuentes tipográfica empleadas son Georgia, Incised 901 Lt BT*

