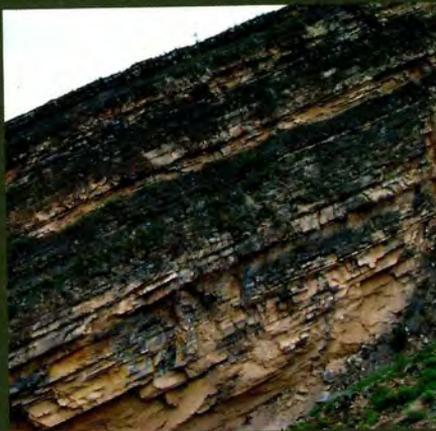


La Caliza en Colombia

Geología
Recursos
Calidad
y Potencial



PUBLICACIONES GEOLÓGICAS ESPECIALES • Número 31, 2012



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia

Colección Guías y Manuales

Las aguas subterráneas. Un enfoque práctico

María Victoria Vélez Otálvaro

Carolina Ortiz Pimenta

María Consuelo Vargas Quintero

2011

Manual de geoquímica. Muestreo de Ultra Baja Densidad y de Baja, media y alta densidad

Gloria Prieto Rincón

Álvaro Espinosa González

2011

Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia

José Henry Carvajal Perico

2012



Fotografías de portada y contraportada

1. Lecho calcáreo. Quebrada Sucía, Miraflores (Boyacá)
Giovanni Moreno
2. Formación Tibú Mercedes, Boavita (Boyacá)
Marco Antonio Rincón M.
3. Formación La Luna, Capitanejo (Santander)
Marco Antonio Rincón M.
4. Formación Tibú Mercedes, Susacón (Boyacá)
Willian Monroy
5. Fósil Formación Tibú Mercedes, Susacón (Boyacá)
Willian Monroy
6. Formación La Luna, carretera Soatá-Boavita (Boyacá) *(Contraportada)*
Marco Antonio Rincón M.

LA CALIZA EN COLOMBIA

Geología, recursos,
calidad y potencial

La caliza en Colombia

Geología, recursos, calidad y potencial



Libertad y Orden

**SERVICIO GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

República de Colombia

Servicio Geológico Colombiano

Oscar Eladio Paredes Zapata
Director General

Édgar González Sanguino
Secretario General

Marta Lucía Calvache Velasco
Directora Técnica Servicio Geológico

Gloria Prieto Rincón
Subdirectora Recursos del Subsuelo

Marco Antonio Rincón Mesa
Supervisor del contrato de Investigación

© Servicio Geológico Colombiano

Primera Edición, 2012
ISBN: 978-958-99528-4-9
ISSN: 0120-078X

Investigación realizada para Ingeominas por
Mario Torres Vaca, Ingeniería Geológica y
Perforaciones, con la participación de:

Giancarlo Benzoní
Inés Vergara Gómez
Luis David Mesa Ríos
Luis Enrique Farfán Flórez
Lady Patricia Rodríguez
David Gutiérrez
Rubén Teherán

Fotografías de portada y contraportada

Giovanni Moreno
Marco Antonio Rincón M.
William Monroy

Participación Ciudadana y Comunicaciones
Sandra Victoria Ortiz Ángel
Coordinadora

Coordinación editorial
Luis Eduardo Vásquez Salamanca

Diseño y diagramación
Imprenta Nacional de Colombia

Impresión
Imprenta Nacional de Colombia

Bogotá, 2012

Contenido

RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	19
Justificación	19
Objetivos	21
Metodología	21
Nomenclatura	22
Sistema de clasificación de recursos y reservas de rocas carbonatadas	27
Evaluación y métodos de exploración sobre rocas calcáreas	33
Evaluación de conjuntos calcáreos en superficie	34
Evaluación de conjuntos calcáreos en profundidad	34
Aspectos históricos de la industria de caliza y mármol en Colombia	37
CAPÍTULO 2	
Geología de los depósitos de caliza y mármol	39
Ambientes, forma de los depósitos, metamorfismo	39
Tipos de depósitos	41
Autóctonos	41
Alóctonos	42
Químicos	42
Epigénicos o metasomáticos	43
Depósitos de calizas en el tiempo geológico	43
Proterozoico	43
Paleozoico	48
Mesozoico	52
Depósitos del Triásico y Jurásico	52
Depósitos del Cretácico	55
Depósitos del Terciario y el Cuaternario	68
Rift colombiano	75
Cuenca del Valle Medio del Magdalena	77
Cuenca del Valle Superior del Magdalena	83
Cuenca de Cundinamarca	84
Cuenca de Norte de Santander	91
Conclusiones	91

CAPÍTULO 3

Zonas calcáreas de Colombia.....	93
Zona calcárea 1 Putumayo.....	97
Localización, extensión y vías de acceso.....	97
Aspectos físicos.....	97
Aspectos ambientales y sociales.....	98
Áreas calcáreas.....	99
Área calcárea 101 Ninayaco.....	99
Localización.....	99
Antecedentes.....	99
Aspectos físicos.....	100
Geología local.....	100
Minería.....	100
Área calcárea 102 San Francisco.....	102
Localización.....	102
Antecedentes.....	102
Geología.....	102
Calidad.....	104
Recursos y reservas.....	105
Minería.....	105
Área calcárea 103 Titango.....	106
Localización.....	106
Antecedentes.....	106
Geología.....	106
Calidad.....	107
Potencial y perspectivas.....	107
Recursos y reservas.....	107
Zona calcárea 2 Meta.....	107
Localización, extensión y vías de acceso.....	108
Aspectos físicos.....	108
Aspectos ambientales y sociales.....	109
Áreas calcáreas.....	109
Área calcárea 201 La Cal.....	109
Localización.....	109
Aspectos físicos.....	110
Geología.....	111
Antecedentes.....	111
Calidad.....	111
Recursos y reservas.....	114
Minería.....	116

Área calcárea 202 El Dorado	116
Localización	116
Antecedentes	116
Geología	118
Recursos y reservas	119
Calidad	121
Potencial y perspectivas	122
Zona calcárea 3 Cundinamarca	122
Localización, extensión, vías de acceso	122
Aspectos físicos	124
Aspectos ambientales y sociales	124
Áreas calcáreas	124
Área calcárea 301 río Clarín	125
Localización	125
Aspectos físicos	125
Geología	126
Recursos y reservas	126
Minería	126
Calidad	126
Área calcárea 302 Guavio	129
Localización	129
Geología	129
Área calcárea 303 oriente de Bogotá	139
Localización	139
Geología	140
Potencial y perspectivas	145
Zona calcárea 4 Boyacá	146
Localización, extensión y vías de acceso	146
Aspectos físicos	146
Aspectos ambientales y sociales	147
Áreas calcáreas	149
Pesca-Betétiva y Duitama-Belén	149
Localización	149
Antecedentes	149
Geología	150
Recursos y reservas	155
Aspectos mineros	156
Calidad	157
Aspectos ambientales	158
Área calcárea 402 Villa de Leiva	159

Otras áreas calcáreas	160
Afloramientos en el norte de Belén, Susacón, Soatá y Tipacoque	160
Afloramientos en el occidente de Boyacá	160
Sáchica	160
Gachantivá	161
Rondón.....	161
Potencial y perspectivas	164
Zona calcárea 5 Santander	164
Localización, extensión y vías de comunicación.....	164
Aspectos físicos.....	164
Aspectos ambientales y sociales	165
Áreas calcáreas	165
Área calcárea 501 de La Cumbre-Zapatoca.....	167
Cantera de San Gil.....	169
Cantera de Suratá.....	170
Cantera de Tona	170
Cantera de Curití.....	171
Puente Nacional	172
Área calcárea 502 Aguada-El Conchal.....	172
Área calcárea 503 de Molagavita-Pangote.....	174
Potencial y perspectivas.....	174
Zona calcárea 6 Norte de Santander	177
Localización, extensión y vías de acceso.....	177
Aspectos físicos.....	178
Áreas calcáreas	178
Área calcárea Mutiscua y Silos	182
Calidad	183
Minería.....	185
Aspectos ambientales	185
Área calcárea 602 Rosario-El Diamante.....	185
Área calcárea 603 Cúcuta-Pamplona	186
Área calcárea 604 La Donjuana-Durania.....	187
Área calcárea 605 Santiago-Arboledas.....	187
Área calcárea 606 Santiago-Sardinata.....	187
Potencial y perspectivas.....	189
Zona calcárea 7 Cesar	190
Localización, extensión y vías de acceso.....	190
Aspectos físicos.....	190
Áreas calcáreas	192

Área calcárea 701 Aguachica	195
Área calcárea 702 Pelaya-Ayacucho.....	196
Área calcárea 703 Pailitas-Chiriguaná	196
Área calcárea 704 La Jagua de Ibirico.....	196
Área calcárea 705 San Diego	197
Área calcárea 706 Bosconia.....	198
Calidad	199
Potencial y perspectivas.....	199
Zona calcárea 8 La Guajira.....	201
Localización, extensión y vías de acceso.....	201
Aspectos físicos.....	201
Aspectos ambientales y sociales.....	204
Áreas calcáreas	204
Región meridional del departamento	205
Región noreste del departamento	206
Región septentrional del departamento.....	206
Potencial y perspectivas	213
Zona calcárea 9 Magdalena.....	214
Localización, extensión y vías de acceso.....	214
Aspectos físicos.....	214
Aspectos ambientales y sociales	216
Áreas calcáreas	216
Área calcárea 901 Ciénaga.....	218
Otras áreas calcáreas	221
Potencial y perspectivas.....	221
Zona calcárea 10 Atlántico.....	222
Localización, extensión y vías de acceso.....	222
Aspectos físicos.....	223
Aspectos sociales y ambientales	223
Áreas calcáreas	223
Área calcárea 1001 La Popa.....	225
Área calcárea 1002 Tubará.....	227
Área calcárea 1003 Arroyo de Piedra	227
Área calcárea 1004 Colina de Morisca	228
Potencial y perspectivas.....	230
Zona calcárea 11 Bolívar	231
Localización, extensión y vías de acceso.....	231
Aspectos físicos.....	231

Aspectos ambientales y sociales	231
Áreas calcáreas	232
Área calcárea 1101 Ballesta.....	234
Área calcárea 1102 Canalete.....	234
Área calcárea 1103 Turbaco.....	234
Área calcárea 1104 Albornoz	236
Área calcárea 1105 Cartagena	236
Área calcárea 1106 Cerro Púa.....	237
Área calcárea 1107 Serranía de San Lucas.....	237
Potencial y perspectivas	237
Zona calcárea 12 Sucre.....	238
Localización, extensión y vías de acceso.....	241
Aspectos físicos.....	241
Aspectos ambientales y sociales	241
Áreas calcáreas	242
Área calcárea 1201 Tolúviejo	243
Potencial y perspectivas	246
Zona calcárea 13 Córdoba.....	247
Localización, extensión y vías de acceso.....	247
Aspectos físicos.....	247
Aspectos ambientales y sociales	249
Áreas calcáreas	250
Área calcárea 1301 La Cantera	253
Área calcárea 1302 La Floresta.....	255
Potencial y perspectivas	255
Zona calcárea 14 Antioquia	255
Localización, extensión y vías de acceso.....	256
Aspectos físicos.....	256
Aspectos ambientales y sociales	258
Áreas calcáreas	258
Área calcárea 1401 Versalles.....	259
Área calcárea 1402 Santa Bárbara.....	260
Área calcárea 1403 Segovia	260
Área calcárea 1404 Remedios	262
Área calcárea 1405 Maceo.....	262
Área calcárea 1406 Yolombó	265
Área calcárea 1407 Puerto Berrío.....	265
Área calcárea 1408 Abejorral	267
Área calcárea 1409 Río Claro.....	267

Área calcárea 1410 Nutibara.....	269
Área calcárea 1411 Damasco.....	269
Área calcárea 1412 Giraldo-Dabeiba.....	269
Potencial y perspectivas.....	271
Zona calcárea 15 Caldas.....	271
Localización, extensión y vías de acceso.....	271
Aspectos físicos.....	272
Aspectos ambientales y sociales.....	273
Áreas calcáreas.....	273
Área calcárea 1501 Manzanares.....	275
Área calcárea 1502 Neira.....	276
Área calcárea 1503 La Victoria.....	277
Otros depósitos de calizas.....	277
Potencial y perspectivas.....	277
Zona calcárea 16 Quindío.....	278
Localización, extensión y vías de acceso.....	278
Aspectos físicos.....	278
Aspectos ambientales y sociales.....	278
Áreas calcáreas.....	279
Área calcárea 1601 Puente Tabla.....	280
Potencial y perspectivas.....	282
Zona calcárea 17 Tolima.....	282
Localización, extensión y vías de comunicación.....	282
Aspectos físicos.....	282
Aspectos ambientales y sociales.....	283
Áreas calcáreas.....	283
Región norte.....	285
Área calcárea 1701 Lérida.....	285
Región central.....	286
Área calcárea 1720 Venadillo.....	289
Área calcárea 1703 San Luis-Rovira.....	290
Regiones sur y oriental.....	290
Área calcárea 1704 Madroño.....	291
Área calcárea 1705 Guacharacal-Providencia.....	293
Potencial y perspectivas.....	294
Zona calcárea 18 Valle del Cauca.....	294
Localización, extensión y vías de acceso.....	294
Aspectos físicos.....	295

Aspectos ambientales y sociales	296
Ambiente de depósito.....	296
Áreas calcáreas	300
Área calcárea 1801 Las Guacas.....	300
Área calcárea 1802 La Llanada.....	302
Otras áreas calcáreas	302
Potencial y perspectivas.....	302
Zona calcárea 19 Cauca.....	303
Localización, extensión y vías de acceso.....	303
Aspectos físicos	303
Ambiente de depósito	304
Áreas calcáreas	306
Área calcárea 1901 Pitayó.....	309
Potencial y perspectivas.....	309
Zona calcárea 20 Huila	309
Localización, extensión y vías de comunicación.....	309
Aspectos físicos.....	310
Aspectos ambientales y sociales.....	310
Áreas calcáreas	311
Neoproterozoico	312
Área calcárea 2001 Yaya.....	315
Paleozoico	315
Triásico	316
Cretácico	316
Área calcárea 2002 Timaná.....	317
Área calcárea 2003 La Troja.....	318
Área calcárea 2004 Tarpeya.....	319
Potencial y perspectivas.....	320
CAPÍTULO 4	
Recursos, reservas y calidad	321
CAPÍTULO 5	
Minería de calizas y mármoles en Colombia	331
Sistemas de explotación	331
Minería a cielo abierto para roca caliza	331
Minería subterránea para roca caliza.....	334
Métodos de explotación para mármol.....	336
Costos de explotación.....	337

Legislación y trámites mineros	339
Legislación ambiental, participación ciudadana y comunitaria.....	341
Aspectos ambientales y socioeconómicos de la minería de caliza y mármol	344
Usos, caracterización tecnológica y geoquímica de calizas y mármoles	345
Uso y calidad en la industria del cemento	346
Proceso.....	346
Controles de proceso	350
Tipos de cemento	352
Calidad de la caliza	353
Usos como cal (CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$) y como carbonato de calcio (CaCO_3).....	354
Uso y calidad en la industria agroquímica	356
Uso y calidad en la industria metalúrgica.....	356
Uso y calidad en la industria del vidrio	357
Uso y calidad en la industria alimenticia	357
Uso y calidad en la industria azucarera.....	357
Uso y calidad en la industria del papel	357
Uso y calidad en la industria de jabones y detergentes	358
Uso y calidad en la industria de hules y plásticos	358
Uso y calidad en la industria del caucho	359
Uso y calidad para tratamiento de aguas	359
Uso y calidad en la industria farmacéutica.....	359
Uso y calidad en la nutrición animal	360
Uso y calidad en la industria de pinturas	360
Uso y calidad como agregados pétreos	360
Uso como roca ornamental y revestimiento	361
CAPÍTULO 6	
Infraestructura de transporte	363
Modo carretero	363
Concesiones	368
Proyectos estratégicos	369
Ruta del Sol	369
Programa estratégico de autopistas fase I-Proesa I.....	370
Proyectos en proceso de estructuración	371
Modo férreo.....	372
Concesiones	373
Proyectos estratégicos	373
Concesión del Carare	373
Proyecto concesión sistema ferroviario central	377
Modo fluvial.....	378
Estado de la red fluvial.....	381

Modo marítimo.....	381
Transporte de carga.....	382
Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura.....	383
Sociedad Portuaria Regional de Cartagena.....	383
Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta.....	384
Modo aéreo.....	385
CAPÍTULO 7	
Aspectos económicos.....	387
Producción internacional.....	387
Mármol.....	387
Caliza.....	388
Producción nacional.....	391
Mármol.....	391
Caliza.....	393
Proyección de producción nacional de caliza.....	394
Comercio.....	396
Mercado internacional.....	396
Mármol.....	396
Caliza.....	402
Mercado nacional.....	402
Mármol.....	402
Caliza.....	403
CAPÍTULO 8	
Conclusiones y recomendaciones.....	409
BIBLIOGRAFÍA.....	413

RESUMEN

Este estudio es el resultado de una recopilación, integración, validación y análisis de la información sobre caliza y mármol en Colombia, centrado en aspectos como la geología de los depósitos, distribución a través del tiempo geológico, distribución geográfica en el territorio colombiano, recursos, reservas, calidad, usos, minería, análisis de la infraestructura vial actual del país, aspectos económicos como producción, importaciones, exportaciones y demás información relacionada, que permite conocer el estado actual de estos importantes recursos minerales en el país.

Igualmente, se pone a consideración de los lectores una idea sobre la formación y el desarrollo de las cuencas de sedimentación triásica-cretácica en Colombia, en cuyo origen se establece la actuación de fallas que luego se reactivaron durante la fase de deformación cortical terciaria.

Se exponen la metodología utilizada para la recopilación de información, la nomenclatura empleada, las fuentes consultadas y la bibliografía general de los documentos.

Justificación

La caliza es una roca que, al igual que el carbón y el hierro, ha sido el eje del desarrollo minero e industrial de Colombia y se utiliza ampliamente en numerosos procesos, sobre todo en las industrias siderúrgica, cementera, ornamental y agrícola; sin embargo, su exploración y su explotación se han efectuado de acuerdo con la demanda del mercado y su localización estratégica. Hoy en día existe gran cantidad de información dispersa, distribuida en diferentes entidades y empresas en todo el país, por lo que se carece de datos actualizados sobre sus yacimientos, recursos, reservas, calidad, usos, demanda, exportaciones e infraestructura, entre otros aspectos, que le permitan al gobierno trazar políticas de manejo de este importante recurso mineral.

La búsqueda de materias primas para diversos usos en la industria ha sido la justificación general de las exploraciones sobre los depósitos calcáreos. La biblioteca del Servicio Geológico Colombiano (anteriormente Ingeominas) cuenta con documentación compleja, desde informes preliminares de resultados de visitas a depósitos, para efectuar un reconocimiento geológico y apreciar la magnitud del cuerpo calcáreo, hasta estudios orientados a evaluar los yacimientos con el fin de explotarlos para obtener algún tipo de producto.

Es así como, desde hace varias décadas, se organizaron planes de exploración para orientar la ejecución de proyectos en los campos de la industria de la caliza del país. Estos desarrollos fueron posibles gracias a una política de fomento iniciada en 1940, por medio de dos decretos extraordinarios y una escritura pública, dirigida a crear el Instituto de Fomento Industrial (IFI), con el propósito de promover la fundación y el ensanche de compañías dedicadas a la explotación de industrias esenciales que, por iniciativa y capital de particulares, no se hubiesen podido desarrollar satisfactoriamente. Entre sus objetivos establecía “Organizar y promover empresas dedicadas a

la exploración, explotación, beneficio y transformación de las minas de propiedad de la nación, en caso de que éstas revistieran una importancia básica para el desarrollo de la economía nacional”.

Entre las dependencias del IFI estaba el Departamento de Minería, encargado de efectuar los trabajos exploratorios, evaluar los yacimientos descubiertos y realizar la planeación del yacimiento evaluado previamente, indicando los posibles sistemas de explotación, en distintas condiciones de producción, beneficio y mercado; uno de los proyectos mineros llevados a cabo desde su exploración inicial hasta el pleno aprovechamiento industrial de la caliza fue Cementos Paz del Río (Renzoni, 2007a).

Con el pasar de los años, estas actividades se volvieron casi una exclusividad de la industria privada, pero el Servicio Geológico Nacional (SGN) mantuvo activa la investigación sobre los depósitos calcáreos, razón por la cual se tienen muchos estudios hechos sobre estos depósitos en la mayor parte del territorio nacional, que conviene presentar en forma actualizada para suscitar el interés del actual inversionista.

De igual manera, entidades de carácter público, como las secretarías de Minas de algunos departamentos y la empresa privada, en especial las siderúrgicas y productoras de cemento, poseen información relevante sobre recursos, reservas, calidad y usos. En los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá, Cesar, Caldas, La Guajira y Norte de Santander, así como en las regionales de Servicio Geológico Colombiano de Bucaramanga, Bogotá, Cali, Cúcuta e Ibagué, cursan solicitudes de exploración y explotación para caliza que indican la presencia de yacimientos de este mineral, pero sobre los cuales se hace necesario conocerlos más detalladamente e integrarlos a la información general del país.

Así las cosas, en cumplimiento de las funciones asignadas al Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas), mediante el Decreto 252 de 2004, se estipula “Adelantar programas de reconocimiento, prospección, exploración y monitoreo del territorio con fines multipropósito, mediante un enfoque multidisciplinario, integral y sistémico, para contribuir al desarrollo económico y social del país”.

Este Instituto, por intermedio de la Subdirección Recursos del Subsuelo, desarrolla proyectos de exploración de minerales y en forma especial impulsa el tema de minerales industriales, estratégicos para el desarrollo socioeconómico de las regiones.

Los lineamientos del Documento Conpes 3577 tienen como objetivo general desarrollar estrategias e instrumentos para racionalizar el componente de costo de producción asociado a los fertilizantes en el sector agropecuario, con el fin de mejorar la competitividad de la producción y proteger los ingresos de los productores; el Servicio Geológico Colombiano, por su parte, establece la necesidad de recopilar, integrar, analizar y evaluar la información existente sobre caliza y mármol (como fuente de calcio), mediante la elaboración de un documento que sirva para impulsar los sectores de la construcción, agrícola e industrial colombiano, y se convierta en referencia bibliográfica obligada para estudios posteriores en este campo.

Objetivos

El objetivo general de este estudio es recopilar, revisar, analizar y validar la información técnica existente en las entidades estatales y privadas en Colombia sobre aspectos geológicos, sistema de clasificación de recursos y reservas, cuantificación de recursos y reservas, calidades, mercadeo, infraestructuras, aspectos mineros y ambientales sobre la caliza y mármol (como fuente de calcio), y presentar, en forma resumida, el estado actual del conocimiento geológico y minero en el tema calcáreo para impulsar proyectos de desarrollo y para hacerlo parte del Sistema Nacional de Información Minera.

Metodología

Se utilizó como metodología acudir a fuentes secundarias de información, como los informes técnicos, boletines geológicos, mapas y planchas geológicas, planes de trabajos y obras, y diferentes documentos facilitados por entidades gubernamentales y la empresa privada.

La recopilación significa la ordenación sintética de la información sobre las rocas calcáreas de Colombia, para integrar la información existente en las entidades estatales y privadas sobre este recurso, en diversas áreas del país, y clasificarlas de acuerdo con su tamaño en zonas, áreas, sectores y bloques.

La validación consiste en la verificación y selección de la información recopilada sobre determinada área, independientemente del año y del estado de conocimiento alcanzado con el trabajo examinado.

Naturalmente, esta última actividad implica la revisión y el análisis detallado de la información a disposición sobre cada zona calcárea. Para ello,

se examinaron cifras de los sectores y de las áreas investigadas, las cuales, aunque se obtuvieron a partir de otro sistema de clasificación, son compatibles con el actual sistema; de esta manera, se presenta la síntesis del potencial calcáreo de la nación.

En cuanto a la calidad de la roca calcárea, fue mínima la información importante encontrada para su estimación; además, con alguna frecuencia, se hallaron tomas de muestras defectuosas y con análisis parciales. En cada caso particular, se explica el problema que atañe a la calidad; no obstante lo anterior, se incluye toda la información repetible: mapas, esquemas geológicos, perfiles, columnas estratigráficas y resultados de análisis, entre otros.

Por lo que se refiere a los diferentes aspectos de la minería, la antigüedad de la información a disposición en el Servicio Geológico Colombiano es escasa en datos aprovechables para dar una opinión meditada y la información proviene principalmente de la empresa privada.

Nomenclatura

Para establecer la nomenclatura de este documento se tomó como base un trabajo previo de Renzoni (2007b), en el que se resumen algunas ideas sobre la composición de las rocas calcáreas y su nomenclatura.

Este autor determina que “En el lenguaje común, en los negocios y en el comercio, la caliza es una roca con prevaleciente carbonato de calcio (calcita o aragonita), dura, de color variable entre crema, gris claro y negro, que hierve ante la presencia del ácido clorhídrico. Aunque se propuso abandonar este término, por oscurecer más que aclarar la constitución y formación de esta roca, éste se ha mantenido”.

Existen varias clasificaciones, entre las cuales se destacan la de Dunham y la de Folk:

En la clasificación de Dunham (1962, pp. 108-121), con significado sobre la energía del depósito, las rocas de carbonatos se clasifican mediante sus características texturales en *mudstone*, *wackestone*, *packestone*, *boundstone* y *grainstone* (tabla 1).

La clasificación de Folk (1974) hace referencia a subdivisiones en términos de “micrita, micrita fosilífera, biomicrita rala, biomicrita empaquetada, bioesparita pobremente lavada, bioesparita no seleccionada, bioesparita seleccionada y bioesparita redondeada” (Folk, 1974, pp. 159-182).

Tabla 1. Clasificación de rocas carbonatadas

Textura deposicional visible				Esqueletos en posición de vida	Textura deposicional no visible
Granos +/- Transportados		Soporte de granos			
Soporte de matriz		Soporte de granos			
Matriz \uparrow + granos (<10%)	Matriz \uparrow + Granos (>10%)	Granos Matriz \uparrow +	Granos \uparrow + Cemento		
Mudstone	Wackestone	Pack stone	Grain Stone	Bound stone	Cristalina

Fuente: Dunham, 1962.

Para el reconocimiento y estudio de las rocas calcáreas se utilizan el ácido clorhídrico, las películas y las secciones delgadas.

El ácido clorhídrico diluido destaca los constituyentes relativamente insolubles como arena de cuarzo, limo, arcilla, glauconita, fosfatos, cuarzo autigénico, feldespato, chert, piritita y dolomita, además de otras formas de la calcita, como esparita, fósiles, intraclastos; posteriormente, se examinan bajo microscopio binocular.

Las películas (*peels*) están formadas por impresiones de una superficie ligeramente atacada por el ácido, obtenidas con acetato y luego examinadas al microscopio bajo luz transmitida. Por último, están las secciones delgadas. Si se desea conocer la muestra en forma adecuada (Folk, 1974, p. 159), se sugiere que las calizas sean examinadas mediante estos tres métodos.

Se observa así que las rocas están constituidas por aloquímicos (granos de muy diferente composición), lodo de calcita microcristalina o micrita (un carbonato muy fino que normalmente es una matriz que une y hasta envuelve elementos más grandes), esparita (una calcita cristalina de grano grueso que en muchas calizas une y envuelve los elementos aloquímicos), oolitos, fósiles, *pellets* e intraclastos. “La proporción relativa de los tres primeros componentes permite la clasificación de la roca (Folk) antes indicada; con los demás componentes, es posible refinar aún más la clasificación” (Folk, 1974, p. 174).

Esta clasificación de Folk es contemporánea con los trabajos más recientes conservados en la biblioteca del Servicio Geológico Colombiano,

de tal manera que en la mayoría de ellos se escribe mediante la nomenclatura inicial de caliza, lodolita calcárea y arenita de cuarzo calcárea.

Otros términos empleados con una cierta frecuencia son “mármol” y “caliza cristalina”. La tendencia actual es a conservar, en el ámbito de la evaluación de proyectos, todos estos nombres y aclarar su derivación y composición. Se presentan a continuación las dos clasificaciones de Robert Folk (1974, pp. 172 y 174): “Gama textural de las rocas carbonatadas” (tabla 2), en inglés “Carbonate textural spectrum”, y otra clasificación según la composición volumétrica de los aloquímicos (tabla 3).

Tabla 2. Gama textural de las rocas carbonatadas

	Matriz de lodo calcáreo superior a 2/3				Lodo calcáreo y esparita casi iguales	Cemento esparítico superior a 2/3		
Porcentaje de Aloquímicos	0-1%	0-10%	10-50%	más del 50%		Pobre selección	Buena selección	Redondeados
Roca	Micrita	Micrita fosilífera	Biomicrita rala	Biomicrita empaquetada	Bioesparita pobremente lavada	Bioesparita no seleccionada	Bioesparita seleccionada	Bioesparita Redondeada
Terminología 1959								
	Micrita	Micrita Fosilífera	Biomicrita		Bioesparita			
	 Matriz de lodo calcáreo				 Cemento de calcita esparítica			

Fuente: Traducción de *Carbonate textural spectrum* (Folk, 1974, p. 172).

Otras palabras referentes a la utilización de términos conexos con caliza son dolomía, dolomita, caliza y términos intermedios entre ellos. La expresión dolomía indica la roca, en tanto que dolomita es el nombre del mineral (Trevisan & Tongiorgi, 1958, pp. 54-55), es decir, carbonato doble de calcio y magnesio, cuya fórmula química es $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, con 54,35% de CaCO_3 y 45,65% de MgCO_3 (Gallitelli, 1951, p. 526).

Sin embargo, es común que se use el término dolomita para indicar tanto el mineral como la roca; Pettijohn (1975, p. 360), propuso el vocablo *dolostone*, pero obtuvo resistencia del público. En todas las lenguas latinas se acepta indiscutiblemente la diferencia entre dolomita y dolomía.

Tabla 3. Clasificación de rocas calcáreas según la composición volumétrica de aloquímicos

Calizas, calizas parcialmente dolomitizadas y primariamente dolomitas (ver nota 1 a 6)				Reemplazamiento de dolomitas					
		>10% de aloquímicos Rocas aloquímicas primero a segundo		<10% de aloquímicos Rocas Microcristalinas		Rocas de bioermas sin perturbar (IV)	Sombras de aloquímicos	Sombras no aloquímicas	
		Cemento de calcita esparítica > Matriz de lodo microcristalino	Matriz de lodo microcristalino > Cemento de calcita esparítica	1 - 10% de aloquímicos					<1% aloquímicos
		Rocas Esparíticas aloquímicas (1)	Rocas Aloquímicas microcristalinas				Dolomita Intracústica finamente cristalina (Vf: D3), etc.		
<25% de Intraclastos (i)		Intraesparrudita (li : Lr) Intraesparitita (li : La)	Intramicrorudita (lli : Lr) Intramicitita (lli : La)	Intraclastos: micrita con intraclastos (llli : Lr o La)		36. Micrita (llm : L); Si perturbada, Dimicrita (llimX : L); Si dolomita primaria, Dormicrita (llim : D)			
<25% de Oolitos (ii)		Ooesparrudita (lo : Lr) Ooesparitita (lo : La)	Oomircurdita (llo : Lr) Oomicrita (llo : La)	Aloquímicos más abundantes				Dolomita Oolítica cristalina gruesa (Vo : D5), etc.	
		Bioesparrudita (lb : Lr) Bioesparitita (lb : La)	Biomircrudita (llb : Lr) Biomicitita (llb : La)				Oolitos: micrita con oolitos (llli : Lr o La)		
		Biopelasparita (llbp : La)	Biopelmicitita (llbp : La)				Fósiles: micrita fosilífera (lllb : Lr, La, o Ll)		
		Pelesparita (lp : La)	Pelmicitita (llp : La)				Pelets: micrita peletífera (lllp : La)		
<25% de Intraclastos						Biolitita (IV : L)	Aloquímicos Evidentes		
<25% de Oolitos Relación volumétrica de fósiles a pellets							Dolomita biogénica afanocristalina (Vb : D1), etc.	Dolomita medio cristalina	
<1:3(P)							Dolomita de pellets Muy finamente cristalina (Vp : D2), etc.	Dolomita finamente cristalina etc.	

Fuente: Traducción de *Volumetric allochem composition* (Folk, 1974, p. 174).

Referente a este tema, en Colombia el diccionario *Lexis 22* (1986) asigna el nombre de dolomía a la roca y dolomita al mineral. Así mismo, los anglohablantes tratan de evitar la ambigüedad y acogen la siguiente definición (Barker & Austin, 1994, p. 373): "Dolostone is composed predominantly of dolomite", que muestra claramente la diferencia entre roca y mineral.

Las dolomías son rocas carbonatadas que contienen por lo menos el 50% de dolomita. La relación entre calcita y dolomita, en la fase carbonatada, permite distinguir cinco clases de rocas (tabla 4) en la serie continua que enlaza las calizas con las dolomías (Carozzi, 1953, pp. 124-125).

Tabla 4. Clasificación de caliza y dolomía

Nombre de la roca	Calcita (%)	Dolomita (%)
Caliza	> 95	< 5
Caliza magnésiana	> 90 < 95	> 5 < 10
Caliza dolomítica	> 50 < 90	> 10 < 50
Dolomía calcárea	> 10 < 50	> 50 < 90
Dolomía	< 10	> 90

Fuente: Carozzi, 1953, p. 125.

Carozzi (1953) señala además algunos criterios empleados habitualmente para reconocer en el campo la dolomía (*dolomie*, en lengua francesa): su aspecto es menos variado que el de la caliza, es porosa o cavernosa, no contiene restos orgánicos (o muy pocos), emite un fuerte olor fétido al golpe del martillo; su estructura es granosa (con aspecto de granos) y en ella es rara la presencia de minerales detríticos. Sin embargo, todas estas características no son criterios definitivos para su reconocimiento. “Sólo el método microquímico constituye un medio seguro de determinación” (Carozzi, 1953, pp. 132-134). La siguiente es una experiencia lograda durante nuestras labores de campo, para obtener una guía que permitiera distinguir una caliza de una dolomía: al colocar gotas de una solución ácida bastante fuerte (con un 50% de HCl) sobre la roca, ésta no da efervescencia o apenas muestra pocas burbujitas aisladas; después de rayar la roca con el martillo, esa solución obtiene una fuerte efervescencia sobre el polvo que se forma. Esta característica se adiciona a las anteriores, aunque la comprobación posterior de laboratorio no se ha llevado a cabo.

Como se expone, la dolomía es una roca de composición muy simple, pero su génesis presenta aún hipótesis sin aclarar. Ocurre en rocas de todas las edades, pero es más común en las paleozoicas o incluso en rocas más antiguas.

La dolomía está estrechamente asociada con la caliza, con la cual es frecuente que se intercale o que pase lateralmente mediante planos estratigráficos muy rápidos que cruzan la estratificación, aunque es normal un cambio gradual a lo largo de una misma capa. Falta aún mucho por conocer sobre la paleogeografía que influencia estos cambios, pero en general la dolomía re-

presenta una facies que se ha producido cerca de la playa, en entornos restringidos, donde el agua es más salina, mientras que la caliza se deposita hacia mar afuera, cerca de una barrera subacuática con aguas marinas normales. Por tanto, se ha observado que la caliza ocurre en regiones periféricas, en tanto que la dolomía ocupa el centro de la cuenca de depósito (Pettijohn, 1975, pp. 364-369). La dolomía se encuentra también asociada con yeso y con anhidrita.

Actualmente se presentan tres orígenes para la dolomía: a) precipitación de finísimos cristales del mineral del agua marina, en ambiente pando y agitado; b) sedimentación conjunta de los cristales de calcita y de dolomita, pero por disolución posterior de la primera, el sedimento se enriquece con la segunda; c) sedimentación de la calcita y, posterior sustitución por dolomita (proceso que se denomina dolomitización) (Carozzi, 1953, pp. 124-132).

La estrecha relación entre la caliza y la dolomía conduce además a considerar que los sedimentos calcáreos y dolomíticos se forman en la actualidad en apenas dos grupos de ambientes ampliamente distribuidos: depósitos marinos de aguas someras y carbonatos en cuencas evaporíticas. Todos estos depósitos se verificaron en el pasado y sus resultados se observan hoy día en el registro rocoso (Renzoni, 2007c).

Sistema de clasificación de recursos y reservas de rocas carbonatadas

Hasta el momento no se dispone, ni local ni internacionalmente, de una directriz que proponga un sistema de clasificación de recursos y reservas que se refiera específicamente a rocas carbonatadas.

Según el texto de Renzoni (2007b), relacionado con la ordenación de rocas carbonatadas, se destaca que “La colocación de estas rocas en un sistema de clasificación, concebido para asegurar la ocurrencia de rocas carbonatadas de una determinada calidad, es una tarea de gran importancia para lograr el entendimiento claro e indiscutible entre las partes”.

Esta labor es clave porque tiende a favorecer y organizar la inversión privada en minería y a elevar la competitividad del sector minero en los ámbitos nacional e internacional, facilitando la comunicación y el entendimiento entre los diversos actores –Estado colombiano, inversionistas, empresas mineras, mineros, ingenieros de minas y geólogos–, así como también a ayudar a la inversión estatal mediante la promoción minera.

Es un caso diferente del de los carbones, donde se dispone de un sistema de clasificación de recursos y reservas que permite ordenar los recursos y reservas de carbón en Colombia, de acuerdo con una densidad de información proporcional a la complejidad geológica, según el grado de certeza de la información geológica disponible y el grado de seguridad técnica y económica del aprovechamiento de las reservas.

La falta de un sistema dirigido a proveer reglas homologadas, que conduzcan a cifras de recursos y reservas que puedan demostrarse, entenderse, compararse e integrarse en estudios de envergadura nacional e internacional, resulta al final un fuerte inconveniente económico. En efecto, son las perspectivas de producir riqueza las que motivan el aprovechamiento del yacimiento de caliza, junto con su localización y con las posibilidades de transporte de la materia prima y del producto; para superar el inconveniente, hay que mermar el juicio personal del evaluador en la aplicación de métodos y en la interpretación de datos para calcular el valor de un yacimiento.

Un esfuerzo muy interesante en esa dirección se produjo con la publicación del Marco Internacional de las Naciones Unidas (1980) para la clasificación de reservas/recursos en los combustibles sólidos y sustancias minerales, donde se enfatiza:

“La Clasificación Marco de las Naciones Unidas (CMNU) tiene como principal función permitir el mantenimiento de los términos utilizados a nivel nacional y, al mismo tiempo, hacerlos comparables entre sí. La existencia de este marco facilitará la comunicación a los niveles nacional e internacional, permitirá un mayor conocimiento de las reservas y recursos disponibles y hará más seguras y atractivas las inversiones en minería”.

En este documento se menciona, además, que el único modo de armonizar los numerosos sistemas de clasificación en uso, basados en principios, términos y definiciones diferentes, era adoptar un sistema marco supranacional. “El nuevo sistema integrará los términos existente de forma tal que los haga comparables y compatibles, mejorando así la comunicación internacional” (ONU, 1980, pp. 77-78). En la tabla 5, extractada de la página 83 de la citada publicación, se explica la clasificación de sus términos, que el lector interesado podrá consultar.

Así mismo, en esta publicación se hace hincapié en el estudio geológico, el cual subdivide en cuatro fases consecutivas la evaluación geológica: el reconocimiento, la prospección, la exploración general y la exploración detallada, en orden creciente de detalle. Además, cuenta con cuatro categorías que corresponden a una certidumbre geológica creciente. En los estudios técnicos que se citan en la publicación se menciona que “La evaluación de la viabilidad minera se subdivide en tres fases consecutivas, que en grado de detalle creciente son el estudio geológico, el estudio de previabilidad minera, el estudio de viabilidad minera/informe de explotación. Se obtienen de este modo tres categorías que corresponden al grado de certeza geológica de viabilidad económica.

El informe de explotación y el estudio de viabilidad minera tienen el mayor grado de certidumbre y constituyen una categoría; el estudio de previabilidad minera, que habitualmente se realiza antes de todo estudio de viabilidad minera, indica la evaluación de la viabilidad económica con un grado de certidumbre menor; en cuanto al estudio geológico, no pretende suministrar una conclusión fiable sobre la viabilidad económica” (ONU, 1980, p. 81).

En conclusión, todas las categorías geológicas, como las de viabilidad minera, con sus numerosas definiciones, dependen finalmente del análisis sobre el grado de certeza tanto geológica como de viabilidad económica. En el sistema colombiano de clasificación de los carbones, se ha intentado solucionar el grado de certeza geológica mediante la selección de una distancia apropiada, entre puntos de información, que varía su valor según las categorías que marcan el incremento del grado de certeza geológica: especulativo, hipotético, inferido, indicado, medido. Por tanto, se propone actuar con los yacimientos de caliza de manera similar y definir el grado de seguridad técnico-económica en igual forma.

En consecuencia, para dar cifras de recursos y reservas de caliza en todas sus categorías se requiere obtener puntos de información sobre el espesor y la calidad de la roca en condiciones de proximidad tales que muestren de cuál materia prima dispone el depósito, sin dar lugar a incertidumbres. Es ésta la propuesta que hay que tener en cuenta, una clasificación *ad hoc*, utilizada en conjuntos calcáreos sobre los que se produzca un interés inmediato para su explotación, respetando el marco de las Naciones Unidas.

Tabla 5. Terminología de reservas y recursos propuesta por Naciones Unidas

Marco internacional de las Naciones Unidas para la clasificación de reservas/recursos Combustibles sólidos y sustancias minerales					
Marco Internacional de las Naciones Unidas		Exploración detallada	Exploración general	Prospección	Reconocimiento
	Sistema Nacional				
Estudio de viabilidad minera y informe de explotación		1. Reserva probada (111); 2. Recurso puesto en evidencia por el estudio de viabilidad minera (211)	Generalmente	No	Relevante
Estudio de previabilidad minera		1. Reserva probable (121) + (122) 2. Recurso puesto en evidencia por el estudio de previabilidad minera (221) + (222)			
Estudio Geológico		1-2 Recurso medido (331)	1-2 Recurso indicado (332)	1-2 Recurso inferido (333)	Recurso puesto en evidencia por un estudio de reconocimiento (334)

Categorías de viabilidad económica:

1: Económica

2: Potencialmente económica

Código: (123)

1-2 Económica a potencialmente económica (intrínsecamente económica).

?: Indeterminada

Fecha: _____

Nota: Los términos recurso puesto en evidencia por el estudio de viabilidad minera y recurso mineral puesto en evidencia por el estudio de previabilidad minera han sido propuestos como base de trabajo preliminar

Fuente: ONU, 1980, p. 6.

Renzoni (2007b) propone que “La primera tarea a desarrollarse en el futuro será la de obtener sobre cualquier depósito un número de puntos de información que demuestre la constancia o variabilidad del espesor y de la calidad de la materia prima; esto con el fin de determinar la distancia en la cual sus características se mantienen constantes o ciertas, en las tres dimensiones. Averiguados estos datos iniciales será factible, entonces, establecer un sistema de clasificación con reservas medidas, indicadas, inferidas, etcétera, de forma similar al logrado con los carbones”.

Es así como en este trabajo se pretende mostrar al lector la valoración de los depósitos calcáreos presentes en la literatura geológica, con el potencial y categorías inicialmente calculados por los evaluadores originales.

Las fases previstas para estudios futuros se desarrollarán según los puntos de vista y los objetivos de los interesados, siempre y cuando se mantengan objetivos tales como “determinar el número, espesor, calidad y continuidad de los mantos de caliza”. Esta es la tarea inicial y común para cualquier actor, privado

o estatal, interesado en desarrollar la industria extractiva de esta materia prima. Lo importante –se repite también para la caliza– es discernir la distancia en la cual las características de cada capa se mantienen constantes. Se destaca que la composición química de la caliza debe formar parte de la determinación de la distancia, en la cual esta materia prima se mantiene estable. Es un factor tan importante como los otros antes enunciados porque, en casi todos los depósitos, hay componentes diferentes de la calcita que hay que conocer con anterioridad.

Para el propósito enunciado, se dan algunas definiciones que conviene tener presentes:

Depósito

Acumulación de roca (por ejemplo, caliza) en concentración tal que excede el contenido normal de esta sustancia en la corteza terrestre, y cuyo volumen resulta interesante desde el punto de vista económico

Yacimiento

Concentración o depósito de roca (por ejemplo, caliza) ocurrente de forma natural en la corteza terrestre, explotable económicamente en condiciones actuales.

Zona calcárea

Superficie que abarca una o más áreas con caliza, geográficamente asimilable a uno o dos departamentos.

Área calcárea

Superficie, de significado geográfico y geológico, donde se aprecian variaciones estratigráficas laterales y verticales y donde los rasgos tectónicos indican estructuras individuales, cada una de varias decenas de kilómetros de longitud y varios kilómetros de ancho.

Sector calcáreo

Superficie de significado geográfico y geológico que comprende uno o más bloques calcáreos, donde las correlaciones entre capas calcáreas son aún claras y los rasgos estructurales delimitan su superficie dentro de una estructura mayor.

Bloque calcáreo

Superficie mínima subyacida por capas de caliza, individualizada por medio de la combinación de datos estratigráficos y estructurales, de tal forma que durante la exploración y explotación, se puede considerar una unidad.

Recursos

Volúmenes, depósitos o concentraciones de caliza ocurrentes de forma natural en la corteza terrestre. Son reconocidos por criterios físicos y discriminados por parámetros que los subdividen en categorías que significan diferencias en la certeza geológica. Se miden en toneladas que se obtienen multiplicando los volúmenes por la densidad específica verdadera de la caliza. Esta categoría es muy importante para el país, ya que permite, además, apreciar ocurrencias de volúmenes de caliza cuya calidad está aún por establecerse con exactitud. En efecto, son muchas las localizaciones de caliza (subterráneas en minas y en perforaciones) que no se han muestreado y aún más aquellas cuyas muestras no se han analizado debidamente.

Reservas

Parte de los recursos de caliza para los cuales hay un manifiesto interés económico; se reconocen y calculan mediante la aplicación, con criterios físicos y químicos específicos, de valores límites que derivan de comparaciones con las actuales prácticas mineras y productivas y de las leyes ambientales. Se subdividen en categorías definidas según el grado de seguridad técnico-económica y el grado de certeza geológica. Se conoce su calidad por el análisis de las muestras recolectadas. Se miden en toneladas, las cuales se obtienen multiplicando los volúmenes por la densidad específica verdadera de la caliza.

Como en el caso del sistema de clasificación de carbón, el incremento de la certeza geológica para la caliza se expresará mediante los términos “especulativo”, “hipotético”, “inferido”, “indicado” y “medido”, susceptibles de representar volúmenes determinados por puntos de información, siempre menos distantes; en fin, la densidad de información define la certeza geológica. Por lo anteriormente expuesto, se hace necesario indicar en cada yacimiento o depósito la distancia entre puntos de información para justificar un término específico de certeza geológica.

Potencial

En recursos calcáreos de una zona, de un área o de cualquier otro tamaño superficial, es la sumatoria de las reservas y de los recursos. Por tanto, se expresa como la suma de las cifras calculadas según los grados de certeza geológica, seguridad técnica y económica reconocidas; la utilidad de esta definición reside en el hecho

de que debe mostrar al lector y al inversionista las perspectivas ofrecidas, es decir, “el tamaño máximo esperado en cuanto a recursos”.

Evaluación de los yacimientos o de los depósitos

Consiste en el cálculo y la medida de los recursos y reservas de caliza, según las categorías.

En conclusión, al momento de resumir los datos de la evaluación conducida en un trabajo anterior, se hace necesario referir los tonelajes en la categoría especificada en el trabajo que se esté examinando, como también dar una opinión o un comentario sobre la actualidad de estas cifras en tales categorías; esta consideración se extiende a la parte minera, es decir, al sistema de explotación de cada yacimiento, y se expresa claramente la opinión sobre el sistema de explotación más aconsejable.

Evaluación y métodos de exploración sobre rocas calcáreas

Si el objetivo de un proyecto es la evaluación de rocas calcáreas mediante métodos de exploración adecuados, la exposición superficial de la caliza lo facilita bastante, al ser una roca que normalmente aflora en forma natural. Es frecuente observarla en todo su espesor, aun en exposiciones de niveles muy delgados, potentes apenas unos pocos metros. Esta evaluación en superficie se vuelve posible al reducir los trabajos de exploración a la ejecución de trincheras que expongan la roca, normalmente fresca, localizada por debajo del suelo o de los sedimentos de acarreo superficial.

Por el contrario, su evaluación en profundidad requiere generalmente la ejecución de perforaciones con recuperación de núcleos, para obtener información de la calidad química de la roca, calidad mecánica del macizo rocoso y toda la información sobre buzamientos y espesores que permita reconstruir las estructuras que la afectan.

Aunque este documento está enmarcado en los límites de un proyecto concebido únicamente para recopilar, revisar, analizar y validar la información técnica existente sobre conjuntos calcáreos poco conocidos, en las diferentes áreas del país, es conveniente tener presente una secuencia teórica de pasos que hay que seguir en la exploración sobre estos depósitos calcáreos, que sirva como guía para juzgar el estado de los conocimientos sobre el depósito en examen, sugerir las actividades que se deberán desarrollar en el futuro y, si es oportuno y necesario, cuantificar las inversiones futuras.

En todo caso, aunque las actividades previstas se desarrollen según el punto de vista de cada interesado, a continuación se presentan algunos que sirven como apoyo a la iniciativa de cada investigador.

Evaluación de conjuntos calcáreos en superficie

La evaluación de un conjunto calcáreo en superficie contempla establecer un programa de exploración mediante una sucesión de actividades mínimas necesarias (tabla 6).

El informe final debe contener la evaluación del yacimiento, basada en la información recogida durante la fase específica de investigación en superficie, y ha de comprender los siguientes parámetros, acompañados del respectivo material soporte (tabla 7).

Evaluación de conjuntos calcáreos en profundidad

La evaluación de los conjuntos calcáreos en profundidad se lleva a cabo una vez finalizada la etapa de perforaciones, analizados los núcleos y realizados los análisis químicos y petrográficos de rigor (tabla 8); esta evaluación comprende los mismos parámetros señalados previamente para la elaboración del informe.

La fase de perforaciones, por su alto costo, se reserva para aquellos lugares donde el interés económico es claro e inmediato; igualmente, la realización de perforaciones exige conocimientos geológicos previos, precisos y detallados.

Tabla 6. Fases y actividades de exploración en superficie para rocas calcáreas

Fase/ actividad		Actividad	
			Recopilación de información geológica, minera y económica.
Fase I	Identificación y reconocimiento	Inventario de información geológica y económica	Obtención de mapas topográficos y geológicos, fotografías aéreas, secciones estratigráficas, registros de pozos, cartillas de puntos geodésicos
			Evaluación de información geológica, minera y económica.

Continuación

			Toma de muestras informativas de comprobación; reconocimiento de puntos geodésicos.
Fase I	Reconocimiento en campo	Verificación de información	Obtención de información reciente sobre vías de comunicación, medios de transporte, lugares de alquiler o infraestructura de campamentos, experiencias de los lugareños, servicios públicos, infraestructura de campamento, puntos geodésicos, etc.
Fase II	Trabajo de campo	Geología de superficie y cateos	Localización de la información en bases topográficas adecuadas.
		Cartografía geológica, escala 1:10.000 o 1:25.000	Enfocada en secuencias portadoras de caliza, deformaciones y dislocaciones.
		Levantamiento de afloramientos de caliza y subafloramientos (frentes de eventuales minas).	
		Levantamiento de columnas estratigráficas, escalas 1:100 o 1:1000.	
		Ejecución de trincheras, calicatas	Levantamiento de columnas y perfiles; seguimiento lateral.
		Muestreo sistemático para análisis fisicoquímicos	La magnitud de estas obras debe garantizar la identificación, medición y muestreo de mantos de caliza fresca.
	Selección	Áreas, sectores y bloques de mayor interés.	
Fase III	Evaluación	Recursos.	

Elaboración de informe fase exploratoria (tabla 7)

Tabla 7. Contenido del informe de la fase exploratoria en superficie para rocas calcáreas

Informe de fase exploratoria en superficie para rocas calcáreas	
Actividad	Producto
Equivalencia de los mantos o de los conjuntos de caliza entre sí	Columnas estratigráficas Perfiles de los conjuntos o mantos
Geología del área	Mapas con localización de los trabajos ejecutados: trincheras, calicatas, túneles
	Mapas con localización de niveles calcáreos Perfiles geológicos, indicando cotas de nivel base, desnivel y profundidad (pueden ser datos proyectados)
Calidad	Muestreo y tablas de análisis químicos
Mapas de contornos estructurales	Mapa de trazas de los mantos en superficie y subafloramientos, manto por manto o conjunto por conjunto. Deben contener puntos de control y de información.
Plan de perforaciones	Mapa de localización de perforaciones
Modelo geológico preliminar	Modelo geológico preliminar
Cálculo de recursos	Cálculo de los recursos, traza de valores limitantes

Tabla 8. Actividades de exploración en profundidad para rocas calcáreas

Fase de exploración del subsuelo para rocas calcáreas	
Actividad	Producto
Perforación y análisis de núcleos de perforación: equivalencia de los mantos o de los conjuntos de caliza entre sí	Columnas estratigráficas Perfiles de los conjuntos o mantos
Geología del área	Mapas con localización de las perforaciones
	Mapas con localización de niveles calcáreos Perfiles geológicos, indicando cotas de nivel base, desnivel y profundidad
	Comparación y ajuste con la geología de superficie
Análisis químico y petrográfico	Tablas de análisis químicos: profundidad, espesor, mantos

Infomación

Mapas de contornos estructurales	Mapa de trazas de los mantos en superficie, manto por manto o conjunto por conjunto. Deben contener puntos de control y de información.
Modelo geológico	Modelo geológico del yacimiento
Cálculo de reservas	Cálculo de las diferentes categorías, traza de valores limitantes y modelo de bloques.

Aspectos históricos de la industria de caliza y mármol en Colombia

El desarrollo industrial de la caliza está íntimamente ligado al fomento de la industria cementera y siderúrgica del país. Tanto es así que los primeros barriles de cemento llegaron al país en 1885 y ya en 1909 se fundó la primera fábrica de cemento del país, la Compañía de Cementos Samper; fundada por los hermanos Samper Brush, tenía sus plantas en el centro de Bogotá y en el municipio de La Calera (Cundinamarca), y gracias a la estratégica localización de sus yacimientos de caliza fue la principal proveedora de cemento de Bogotá (*El Tiempo*, 1996).

Posteriormente, en 1927, un grupo de empresarios, comerciantes y banqueros fundó Cementos Diamante en la ciudad de Bogotá. Esta compañía inició operaciones en 1930 a través de su planta en Apulo (Cundinamarca), y en las siguientes décadas construyó plantas de producción en Santander, Tolima y Norte de Santander, convirtiéndose en una empresa de cobertura nacional.

Después de la crisis económica de 1930 (Calvo et al., 2001), la actividad constructora en el país creció aún más, en forma sostenida, con la generación de importantes demandas de cemento cubiertas por las fábricas Samper y Diamante, favorecidas en su momento por su ubicación geográfica. El incremento de la demanda hizo necesario el establecimiento de nuevas plantas, entre éstas Cemento Argos, la primera fábrica de Antioquia, inaugurada en 1936 con una capacidad instalada de 950 toneladas diarias.

En 1940, el IFI se fijó como meta impulsar el desarrollo de la industria siderúrgica en el país, y poco después, en 1942, los geólogos Benjamín Alvarado y Vicente Suárez Hoyos presentaron el primer informe documentado sobre los yacimientos de Paz del Río (Boyacá), confirmando la existencia de mineral de hierro (hematita) en esta región, donde también se hallaron grandes depósitos de caliza y carbón; se escogió la hacienda Belencito para el montaje de la planta por su cercanía tanto a los yacimientos de mineral de hierro, carbón y caliza, como a las ciudades de Sogamoso y Duitama.

En 1941 se montó en Cali la planta de Cementos del Valle S.A. y en 1943 Mármoles y Cementos Nare S.A.; en 1942 se abrió la planta de Cementos Portland Diamante en Bucaramanga. En 1949 se estableció en Barranquilla la planta de Cementos del Caribe S.A. y Compañía de Cementos Hércules S.A.

Posteriormente, en 1954, se inauguró la empresa Acerías Paz del Río S.A., en el municipio de Nobsa, y se inició la explotación de tres importantes minerales: hierro, caliza y carbón; en 1956 se inauguró Cemento Blanco de Colombia, en 1958 Cementos Especiales Ltda., y en 1961 abrieron las plantas de Cementos Caldas S.A. y Cementos Boyacá, actualmente Holcim Colombia S.A.

Se puede afirmar que la caliza ha sido una materia prima indispensable para el desarrollo de nuestros pueblos y ciudades mediante la construcción de vivienda, edificios públicos y privados y obras de infraestructura de diversa magnitud (puentes, carreteras, estadios, etc.), que muestran un significativo avance del país.

Pero la caliza no sólo ha sido preponderante en la industria del cemento y la siderurgia en Colombia, ya que la historia de esta roca forma parte de nuestras tradiciones. Se sabe que las culturas indígenas la utilizaron para ablandar el maíz mediante la cocción y maceración con agua y cal, en un proceso conocido actualmente como mixtalización, el cual consistía en limpiar el maíz, cocinarlo con cal, dejarlo en reposo en agua caliente durante la noche, y al día siguiente limpiarlo y molerlo para obtener la masa de harina que les servía de sustento.

Por otra parte, las viviendas en Colombia tuvieron en común durante varias décadas la uniformidad de las fachadas pintadas con cal, y aún es común en algunas poblaciones campesinas encontrar casas “blanqueadas con cal”.

Así mismo, ha sido ampliamente utilizada por los agricultores en la producción exitosa de cultivos para corregir el exceso de acidez de los suelos y obtener altos rendimientos y productividad a largo plazo.

Fuera de su uso en construcción (cemento, estabilización de taludes y carreteras, al igual que en fachadas de viviendas y edificios, pisos, gabinetes, muebles y monumentos decorados con mármol y travertinos de diferentes colores), metalurgia (acero, flotación de metales, fundición de metales no ferrosos) y agricultura, se utiliza en numerosas industrias, como la química (pigmentos, pinturas, barnices), farmacéutica, alimenticia (industria lechera, azucarera, panificadora, producción de gelatinas, etc.), en la fabricación de vidrio, y recientemente ha tenido un notable auge en la preservación del medio ambiente, con bastante aplicación en tratamiento de aguas ácidas y de desechos industriales, y como neutralizador de tierras ácidas.

Ambientes, forma de los depósitos, metamorfismo

Los ambientes, forma de los depósitos y metamorfismo se exponen de modo detallado para cada uno de los depósitos calcáreos, junto con su respectiva edad. Se recuerdan algunos términos ya mencionados por uno de los autores citados en este escrito (Renzoni, 2007b), donde se dice que la caliza se encuentra con rocas de todas las edades, “desde el Precámbrico más temprano (Arqueano) hasta el Reciente” (Pettijohn, 1975).

Los sedimentos calcáreos se forman en la actualidad en cinco grupos de ambientes ampliamente distribuidos: depósitos marinos de aguas someras, carbonatos marinos de aguas profundas, carbonatos en cuencas evaporíticas, carbonatos en lagos y manantiales de agua dulce, y carbonatos eólicos, depósitos que se verificaron en el pasado y cuyos resultados se observan hoy día en el registro rocoso.

En Colombia no se han reconocido aún estos ambientes con el detalle deseable, pero es indudable la presencia de depósitos marinos de aguas someras en las formaciones calizas del río Clarín (Carbonífero), caliza del Guavio, Chipaque, Rosablanca, San Gil inferior, Tablazo (Cretácico), caliza de Toluviejo, y las calizas antioqueñas y guajiras, sólo por nombrar las más importantes como portadoras de reservas.

Entre los tipos de depósitos de aguas dulces se destacan los travertinos boyacenses. Actualmente no se cuenta con información sobre los demás tipos de depósitos, cuya ocurrencia no se excluye.

Referente al metamorfismo de las rocas calcáreas, se puede expresar que “La diagénesis, muy rápida, subsiguiente a la depositación, compacta el sedimento y lo vuelve roca, cancelando su porosidad inicial; en este proceso se verifica una multiplicidad de cambios que acompañan la transformación de un sedimento carbonatado tierno y generalmente poroso en una roca dura, compacta, con poca o ninguna porosidad” (Pettijohn, 1975, pp. 365-372, figura 10-49).

En cuanto a las formas que las capas y los depósitos de caliza pueden presentar, se anota que en el ámbito internacional algunos de los ambientes antes enumerados, como los marinos de aguas someras, los de cuencas evaporíticas y los que ocurren en lagos y manantiales de agua dulce, se instalaron en lugares cercanos a tierra firme o sobre ella, en diferentes edades. Aunque hayan ocupado grandes extensiones, su cercanía a tierra firme ha conducido a la entrada en ellos de medios de depósito sumamente variados que han influenciado la forma de las capas y de los depósitos calcáreos resultantes; en otras palabras, tanto las capas como los depósitos calcáreos en su conjunto presentan características que los conducen a ser planos, continuos y paralelos, o a mostrarse cuneiformes, cubetiformes y lenticulares en otros lugares, discontinuidad que afecta también la calidad de la roca. En Colombia las situaciones son similares.

En lo referente al reconocimiento e individualización de las formas en los depósitos calcáreos descritos por el Servicio Geológico Colombiano a lo largo de los años, se busca modernizar el lenguaje de los anteriores trabajos tanto en capas como para describir la forma de los conjuntos; naturalmente, esta pauta se sigue en la descripción de cada depósito o yacimiento.

El metamorfismo es otra fase de transformación, que se produce después del enterramiento inicial bajo la acción de presiones y temperaturas siempre más elevadas, correspondientes a profundidades siempre mayores, que conducen a la aparición del mármol y de la caliza cristalina, con nuevas reagrupaciones de minerales dependientes de la composición inicial de la caliza. En términos estrictos, por “mármol” se entienden varias categorías de rocas, siempre y cuando sean susceptibles de pulimento y de utilización ornamental. Pero el término más corriente que se utiliza en nuestro medio para referirnos al aspecto y composición de la caliza metamorfoseada es “caliza cristalina”.

Tipos de depósitos

Los tipos de depósitos de calizas están asociados a su génesis. Los carbonatos son en parte clásticos, gravas de óxido de calcio, arenas de óxido de calcio y fangos de óxidos de calcio (Pettijohn, 1970). A diferencia de sus equivalentes no carbonáticos, los detritos que integran los depósitos no son escombros resultantes de una masa terrestre sometida a erosión, sino que proceden dentro de la cuenca en la que se han acumulado; son depósitos intraformacionales e intracuencales.

Aunque la mayoría del detrito es de origen clástico, fragmentos de roca de arrecifes, detritos de conchas fragmentadas y gastadas, parte de ellos tienen origen bioquímico o químico; en razón de esto, los depósitos de caliza se consideran de tipo alóctono, cuando se han transportado y redepositado, y autóctono, cuando se forman *in situ* mediante acción bioquímica, por la acumulación de estructuras orgánicas; si la extensión de los depósitos es restringida se llaman biohermales, y si son de carácter más amplio se denominan biostromales.

Autóctonos

Los depósitos autóctonos (acrecionales o endógenos) son acumulaciones de estructuras orgánicas y se forman por la extracción de CaCO_3 del agua de mar, por medios orgánicos e inorgánicos y son, en un sentido, depósitos carbonáticos primarios, de los cuales se derivan la mayor parte de los depósitos transportados o redepositados, denominados alóctonos (Pettijohn, 1963).

Los depósitos denominados “biohermas” (Cumings y Shrock, 1928) se refieren a “cualquier masa semejante a domo, montículo o lente, o de otra manera circunscrita, construida exclusiva o principalmente por organismos sedentarios y encerrada en una roca normal de diferente carácter litológico”. Ha sido considerada por algunos, sinónimo de arrecife, aunque no todas las biohermas corresponden a este origen. Las biohermas varían en tamaño y forma, desde unos pocos centímetros hasta estructuras de varios cientos de metros y 30 o más metros de espesor; igualmente, varían en composición de los restos de los organismos que las componen.

Los depósitos “biostromales” son aquellos formados por organismos sedentarios estratiformes y que no se hinchan, para constituir formas parecidas a montículos o a lentes; estos depósitos varían desde calizas atestadas de fósiles fácilmente reconocibles hasta las que contienen pocos fósiles evidentes (biostromas algáceas).

Los depósitos “pelágicos” son formados por la acumulación de cónchulas de organismos pelágicos o flotantes, sobre todo foraminíferos; debido a que los foraminíferos pelágicos adquirieron el hábito de segregar óxido de calcio hasta el Cretácico, los depósitos de tal tipo corresponden a esta edad o son más recientes. Estos depósitos son relativamente raros, aunque en el mundo se conocen depósitos extensos de carbonato conocidos como Creta, formados en especial por la acumulación de cónchulas de microorganismos planctónicos calcáreos, en su mayor parte foraminíferos, como la que aflora en las márgenes del canal de La Mancha (Pettijohn, 1963).

Alóctonos

Estos depósitos (exógenos o detríticos) se refieren a acumulaciones de calizas depositadas mecánicamente, es decir, que se han transportado y redepositado.

Las calizas provenientes de estos depósitos se denominan calcarenitas y calcirruditas.

“Calcarenitas” (Grabau, 1904, en Pettijohn, 1963) es un término empleado para designar rocas carbonáticas de grano de tamaño arena (diámetro 1/16 a 2 mm) depositadas mecánicamente e integradas con 50% o más de detrito carbonático. Si los fragmentos son de diámetro mayor de 2 mm, se aplica el término de calcirrudita. Las calcarenitas y calcirruditas están cementadas por calcita pura.

Por disminución en el tamaño del grano, las calcarenitas pasan gradualmente a limos carbonáticos y a fangos carbonáticos, que si están consolidados constituyen las calcilutitas.

Químicos

Los depósitos químicos son acumulaciones de caliza formadas por la evaporación de aguas de manantiales o de ríos; dentro de ellos se encuentran los depósitos de tufa y el travertino.

La “tufa” es una roca esponjosa, porosa, que constituye un depósito delgado, superficial, alrededor de los manantiales y filtraciones y, excepcionalmente, en los ríos. El carbonato de calcio se deposita sobre plantas en crecimiento y, por tanto, tiene comúnmente improntas de hojas y tallos. Su estructura es reticulada a explanada y gran parte de ella es débil y semifriable.

La tufa pocas veces es extensa, y está restringida principalmente a depósitos del Reciente o Cuaternario.

El “travertino” es un depósito más denso, bandeado, muy común en las cavernas de caliza, incluyendo las conocidas estalactitas y estalagmitas. Constituye también depósitos relativamente pequeños, sobre todo de edad cuaternaria o reciente.

Epigénicos o metasomáticos

Los depósitos epigénicos o metasomáticos son aquellos depósitos originados por alteración química de rocas existentes, y sometidos a procesos de remplazamiento y recristalización; el remplazo de calcio por magnesio se denomina dolomitización y el remplazo de calcio por sílice, silicificación.

El metasomatismo es un proceso de remplazo que forma rocas nuevas, químicamente distintas de la roca madre, las cuales retienen en alguna medida sus texturas y estructuras originarias. Estos cambios son una especie de metamorfismo producido a temperaturas y presiones relativamente bajas (Pettijohn, 1963).

Depósitos de calizas en el tiempo geológico

Los depósitos y yacimientos calcáreos se encuentran presentes en todo el territorio colombiano, principalmente en las cordilleras Oriental y Central, en la costa atlántica y, en menor proporción, en la cordillera Occidental; así mismo, están ampliamente distribuidos a través del tiempo geológico.

En la literatura geológica es primordial adquirir primero una orientación general sobre las unidades litoestratigráficas y cronoestratigráficas, que contienen las acumulaciones de roca calcárea, tarea bastante compleja para rocas como la caliza y el mármol, que como se señalaba antes, están distribuidas literalmente a lo largo y ancho de Colombia y que abarcan la casi totalidad del tiempo geológico.

Proterozoico

Prácticamente se empiezan a tener manifestaciones de rocas calcáreas desde el Cámbrico y tal vez desde el Neoproterozoico superior (lo que dependerá de la certeza en las dataciones futuras de algunos conjuntos metamórficos) hasta el Reciente, pasando por el Cambro-Ordovícico, el Carbonífero, el Jura-Cretácico, el Cretácico y el Terciario.

En la geografía de Colombia (figura 1), no obstante la complejidad litológica del detalle, se han observado desde tiempos atrás dos grandes regiones, muy distintas entre sí:

Los Llanos Orientales, con su basamento Prepaleozoico aflorante entre Puerto Inírida y Mitú, en el límite con Venezuela y Brasil, compuesto de rocas metamórficas en facies anfibolítica del Paleoproterozoico (PP-Ma) (Gómez et al., 2006, mapa), pertenecientes al Grupo Guayanés (pEgu), datado alrededor de 2200 millones de años atrás y cubierto en la serranía de Naquén por la sucesión metasedimentaria del Grupo Tunuí (pETu) (Renzoni, 1989, pp. 59-61). Estas primeras y más antiguas rocas de los Llanos Orientales están cubiertas localmente por rocas metamórficas, plutónicas, félsicas, mesoproterozoicas (MP-Pf). Pero en la mayoría del área están cubiertas por rocas más recientes, por ejemplo, las rocas ordovícicas marinas (O-Sm) del sur y sureste de San José del Guaviare, las rocas paleógenas transicionales y marinas aflorantes en los límites con Brasil y Perú (E-Stm), las rocas neógenas del área triangular (E3NI-Sct) entre el río Putumayo y el río Caguán, las neógenas continentales (N-Sc) que ocupan la mayor parte del área llanera desde el río Putumayo hasta Puerto Carreño, y por los sedimentos cuaternarios aluviales (Q-al), de abanicos (Q-ca) y de terrazas (Q-t) entre Villavicencio y Arauca. Se encuentran otras áreas, muy limitadas, como el Paleógeno continental a transicional marino (E-ctm), localizadas al sur de La Macarena.

La región andina, correspondiente a las actuales cordilleras Oriental y Central, estuvo hundida bajo el nivel del mar durante varios y largos periodos, separados por plegamientos y levantamientos que expusieron en superficie grandes partes de su geografía. Después de una fase inicial de formación y metamorfosis de las gruesas unidades referibles al Neoproterozoico, muy similares a las descritas para los Llanos, se asiste a una fase erosiva que expone casi toda el área de las cordilleras Oriental y Central; luego, un nuevo hundimiento lleva al depósito y metamorfismo durante el Paleozoico inferior, de espesas series rocosas de esquistos cloríticos y filitas, pertenecientes a los intervalos Cambro-Ordovícico y Silúrico, sucesivamente intruidas por granito *sensu lato*. La formación de las cadenas montañosas caledonianas expuso en superficie la región, durante el

intervalo Silúrico superior-Devónico inferior, para luego ser seguida por un nuevo hundimiento, mucho más claro en la cordillera Oriental, durante el Devónico superior y el Carbonífero. Un plegamiento y un levantamiento hercínicos ponen término a la historia paleozoica de esta región.

La cordillera Occidental y la serranía del Baudó constan únicamente de rocas sedimentarias y volcánicas marinas, y sobresalen las de la parte alta del Mesozoico.

Los depósitos del Precámbrico en la región andina corresponden a las unidades metamórficas de Putumayo, Santander, Norte de Santander, Cesar, Magdalena, Antioquia, Caldas, Tolima y Huila, los cuales contienen conjuntos calcáreos marmóreos. La mayoría de ellos representa un recurso de gran potencial explotable a cielo abierto. Se observa el espesor de los conjuntos calcáreos y su longitud, pero se necesita inversión en labores de exploración para conocer la continuidad de las capas y su calidad.

Estos cuerpos calcáreos se encuentran como intercalaciones, dentro de sucesiones de rocas metamórficas de bajo grado, es decir, esquistos sericiticos, micáceos, filitas, que, por los indicios de estratificación en ellos mantenidos, fueron en sus inicios rocas sedimentarias. Sin embargo, localmente los conjuntos calcáreos se intercalan en neises y hasta en migmatitas.

La gran distancia geográfica que los separa y las diferentes épocas de los levantamientos cartográficos causaron la diversa definición de las unidades que los contienen, pero la similitud del contenido rocoso impulsa a considerar estas unidades metamórficas muy cercanas en tiempo y en su formación (tabla 9). Por eso, a pesar de la distancia que separa, por ejemplo, los afloramientos de Putumayo de los de Antioquia y Cesar, la idea actual sobre estos depósitos se inclina a considerarlos penecontemporáneos en su formación, aunque hasta hoy día la literatura los presenta de edades muy distintas.

Para ilustrar esto, a continuación se muestran las manifestaciones, depósitos y yacimientos preproterozoicos y paleozoicos, identificados por medio de convenciones de colores, que permiten su identificación: Paleoproterozoicos y Mesoproterozoicos en los Llanos Orientales, Neoproterozoicos en Guainía; dentro de la región andina, Putumayo, Santander, Norte de Santander, Cesar, La Guajira, Magdalena, Antioquia, Tolima, Quindío y Huila (tabla 9).

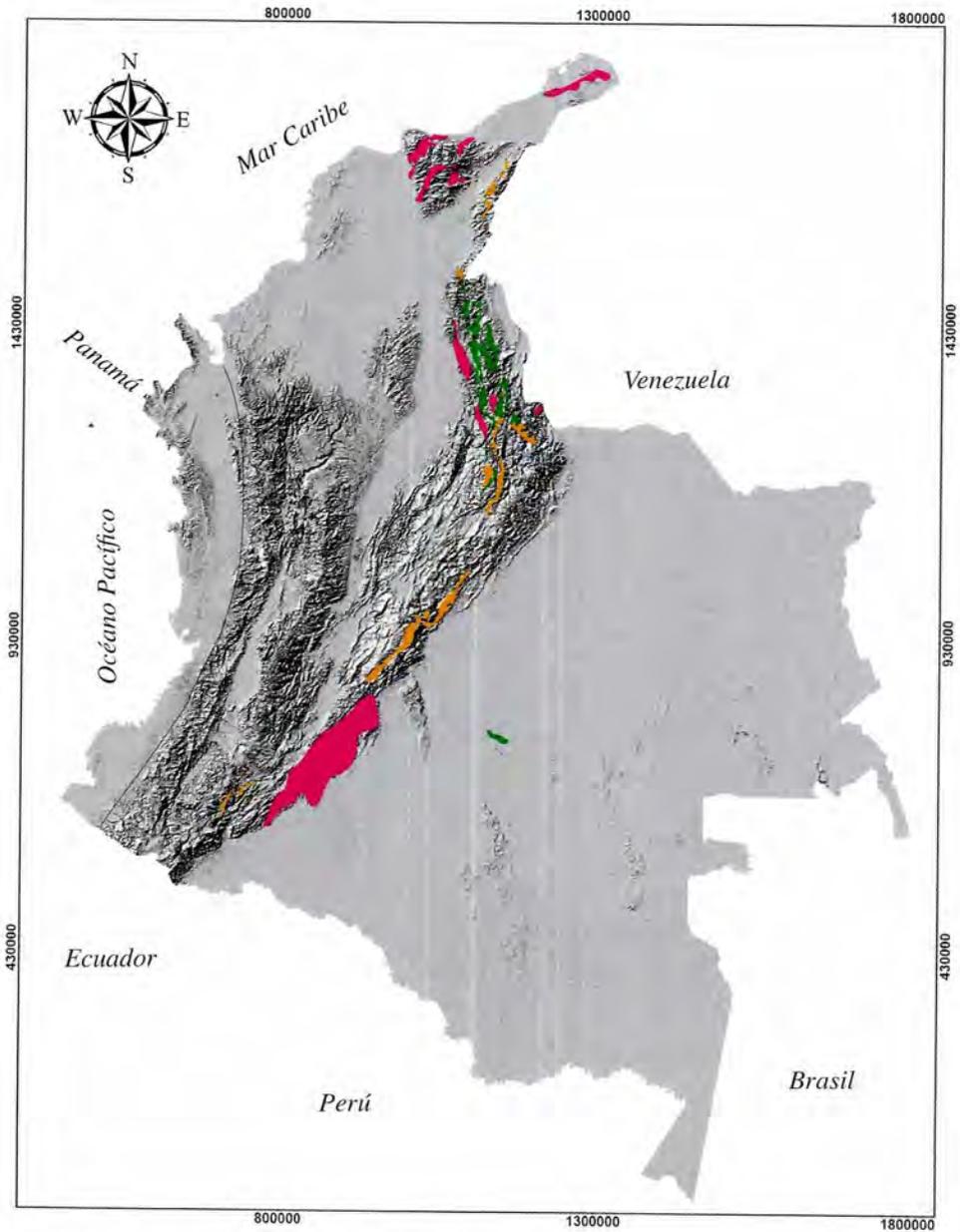


Figura 1. Afloramientos de las unidades estratigráficas referidas al Proterozoico y al Paleozoico.

Unidades geológicas calcáreas **Orange** Carbonífero Devónico **Green** Cámbrico **Pink** Proterozoico **Black** Cretácico-Terciario

Proyección Transversa de Mercator - Esferoide Internacional - Origen coordenadas - 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Fuente: Ingeominas, Mapa geológico, 2006.

En referencia a la posición estratigráfica de los mármoles, se anticipa que los mármoles de Ninayaco (Putumayo), intercalados en neises y en esquistos filíticos, son preferencialmente referidos al Prepaleozoico (PP-Ma) más que al Paleozoico inferior, aunque estén definidos así (CAO-Sm) en el mapa geológico de 2006 (Gómez et al.).

En el departamento de Norte de Santander, en el límite con Santander, los mármoles ocurren dentro de la unidad llamada Neis de Bucaramanga, compuesta en prevalencia por migmatitas y referida al Precámbrico superior; se observan también, dentro de la Formación Diamante, correlacionada con los Neis de Bucaramanga y, por tanto, Precámbrica (NP?CA?-Mg). Acerca de los mármoles que se intercalan con los esquistos sericíticos y filitas de la Formación Silgará, se duda si su emplazamiento ocurrió en el Cambro-Ordovícico (OS?-Mev) o en el Precámbrico.

En el sur del departamento de Cesar, en el área de Aguachica, hay mármol y neis calcáreo, junto con paraneis pelítico, semipelítico y cuarzooso, y con migmatitas dentro del Neis de Bucaramanga (PÉb), cuya edad se estableció, mediante datación radiométrica (945 millones de años), como Precámbrico superior (NP?CA?-Mg) (Gómez et al., 2006).

En el departamento de La Guajira se observan dos unidades con mármoles: el Neis de los Muchachitos (PR?m) del Neoproterozoico y las Granulitas de los Mangos (MPgm) del Mesoproterozoico (NP3NP1-Mg), según Gómez et al. (2006, mapa), pero no se cuenta con información adicional al respecto.

En el departamento de Magdalena se reporta mármol en las granulitas de Los Mangos (MPgm) del Precámbrico, en el Esquisto de Gaira (NP?CA?-Mev), en el Esquisto sin Diferenciar y en el Neis de los Muchachitos (PR?m), también Precámbrico (NP3NP1-Mg). Los depósitos más grandes son de los Esquistos de Gaira, precámbricos por sus estrechas relaciones con los anteriores neises y granulitas.

En el departamento de Antioquia se encuentra mármol en los alrededores de Santa Bárbara, dentro de la unidad Metasedimentitas de Sini faná (PZms). Se presentan otros depósitos y yacimientos, pero están relacionados con unidades del Paleozoico o del Cretácico.

En el departamento de Tolima, la caliza cristalina se encuentra en la región norte, cerca de Lérida, La Esperanza y El Chicharrón, dentro de esquistos cuarzo-sericíticos, grafitosos, y dentro de esquistos anfibólicos y

clorítico-actinolíticos del Grupo Cajamarca, definido precámbrico en esta región. En la región central del Tolima hay numerosos depósitos de esta edad, pero carecen de importancia económica.

En el departamento de Huila, en la localidad Yaya, el Complejo Aleluya de granulitas (PEa) del Proterozoico contiene mármoles. Igualmente en el Macizo de Garzón, en cercanías de Teruel, Palermo, Santa María, se presentan mármoles con granulitas y migmatitas (PEgg) del Precámbrico.

Paleozoico

Un minucioso examen a los depósitos del Paleozoico en la región andina, advierte la existencia de unidades apenas diversas pero cartografiadas como distintas; no obstante, la resolución de tales diferencias se reserva para un futuro. La semejanza de la composición litológica entre las unidades facilita su correlación y proporciona elementos de juicio en la evaluación y cálculo de los recursos encerrados en éstas (tabla 9).

En todo caso, tales rocas sedimentarias o débilmente metamórficas del Paleozoico son interesantes para el hallazgo y la definición de los objetivos económicos buscados de minerales extraíbles a cielo abierto.

En la población de San Martín (departamento del Meta), sobre la margen derecha del río Ariari, dentro de una secuencia metasedimentaria producto de metamorfismo regional moderado, de probable edad paleozoica, se encuentra una sucesión de calizas cristalinas que está cubierta por una espesa sucesión de anfibolitas (del nivel de paraanfibolitas), esquistos sericitico-grafíticos y rocas filíticas esquistosas, intercaladas también por calizas metamórficas. En el mapa 1:500.000 del Servicio Geológico Colombiano, nombrado 5-14, se llama edad Cambro-Ordovícica a esta unidad metasedimentaria (CAO-sm) que prosigue hacia el norte, hasta el municipio de El Dorado.

En el departamento de Cundinamarca se destacan, por su fácil identificación dentro de las unidades que contienen conjuntos calcáreos, las Capas Rojas del Guatiquía, en el río Clarín; es una unidad de rocas claramente sedimentarias, de colores rojo y verde en la gran mayoría de sus capas, que yace sobre rocas areníticas devónicas que descansan a su vez sobre rocas con débil metamorfismo; contiene calizas de gran espesor con fósiles del Carbonífero superior. La unidad (DC-Sctm), poco deformada y dislocada, ha sido cartografiada sobre largas distancias en dos mapas contiguos, en el límite entre

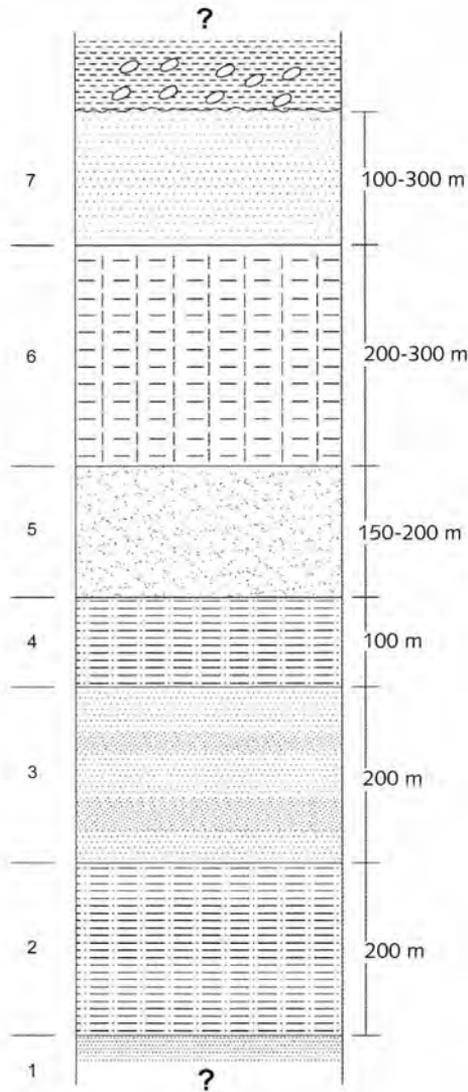


Figura 2. Columna estratigráfica de la caliza del río Clarín (Carbonífero superior DC-Sctm).

Fuente: Renzoni, 1968, figura 2.

En el departamento de Norte de Santander, entre Mutiscua y la quebrada Chorrerón, se desarrollan capas de la Formación Silgará, las cuales consisten en mármoles intercalados en filitas, y referidas, con dudas, al Cambro-Ordovícico (O-Sm) más que al Precámbrico.

En el departamento de Cesar, en la serranía de Perijá, hay unidades que contienen las calizas cristalinas del Grupo Cachirí, paleozoicas (PZc), indicadas como DC-Sctm en el mapa de Gómez et al. (2006).

En el departamento de Antioquia se han hallado mármoles o calizas cristalinas: en Segovia, dentro de la unidad de Cuarcitas (PZq); en La Paila, dentro de esquistos actinolíticos y cloríticos (Pzev); en el río Porce, junto con esquistos cuarzosericíticos (Pzes); en el río Jordán, en el conjunto de neises cuarzofeldespáticos (Pznf); en el río Nare, dentro de cuarcitas (Pzq); en Maceo, en el conjunto de mármol (Pzm) y en las cuarcitas (Pzq); en San José del Nus, dentro de neises cuarzofeldespáticos (Pznf); en Puerto Berrío (sector de Nare), dentro de los conjuntos Pzm, Pzq y Pznf; en el sector Nus, dentro del conjunto Pznf, y en el sector San Carlos, hacia Nare, dentro del Pzq y del Pznf; en el río Claro, dentro de los Pzm y Pzq. Hay, además, calizas cretácicas.

En el departamento de Cauca, en cercanías de Corinto, Jambaló y Pitayó, se ha reportado la presencia de mármoles, en esquistos cuarzosericíticos y en anfibolitas del Grupo Cajamarca (Pzm), del Paleozoico inferior.

En el departamento de Caldas, en el mapa geológico de González (1993), se muestra la ocurrencia de la unidad Pev, de “esquistos actinolíticos y cloríticos a veces calcáreos”, con intercalaciones de capas de caliza cristalina, pertenecientes a la unidad llamada Grupo Cajamarca, aquí considerado del Paleozoico inferior.

En el departamento de Quindío, al sureste de Salento, en la localidad La Selva, se ha observado un cuerpo lenticular de mármol negro dentro de una unidad de esquistos cuarzosericíticos y actinolíticos, perteneciente al Grupo Cajamarca, y referida al Paleozoico inferior (Pic). Al sureste de La Virginia, en el municipio de Calarcá, se hallan lentes de mármol negro, dentro de esquistos cuarzosericíticos grafitosos; el espesor del mármol está comprendido entre 90 y 120 cm. Los únicos depósitos calcáreos paleozoicos con algún valor económico son los de Salento.

En el departamento de Tolima, en la región central, las rocas que acompañan las calizas son de variada naturaleza, consecuencia de la posición estratigráfica y cronoestratigráfica de la unidad en cuestión. Así, las calizas cristalinas pertenecientes al Grupo Cajamarca están estratificadas dentro de esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos, esquistos verdes clorítico-actinolíticos, cuarcitas, esquistos anfibólicos; el grupo es referido al Precámbrico (NP? Ca? Mev). Este grupo está representado en su gran mayoría por rocas que petrográficamente son mármoles, asociados casi siempre a grandes xenolitos

de anfibolitas, dentro de la cuarzodiorita del Batolito de Ibagué. A este grupo de la región central pertenecen los yacimientos existentes en los municipios de Venadillo y en parte de Ibagué, entre los cuales cabe mencionar La Calera I, Piedra El Rey, El Palmar, La Calera II, La Palmilla, La Veta, La Camelia.

En el departamento de Cauca, en cercanías de Corinto, Jambaló y Pitayó se han visto mármoles en esquisto cuarzosericíticos y en anfibolitas del Grupo Cajamarca (Pzm) del Paleozoico inferior.

En el departamento de Valle del Cauca se relacionan intercalaciones de mármol en los Neises de Davies (PEnd), pero no se han evaluado. En el sureste del departamento, al sur de la falla Miranda, se han visto dos intercalaciones de mármoles, de diez metros de espesor cada una, en el Grupo Cajamarca (Pzc), pero no se han evaluado.

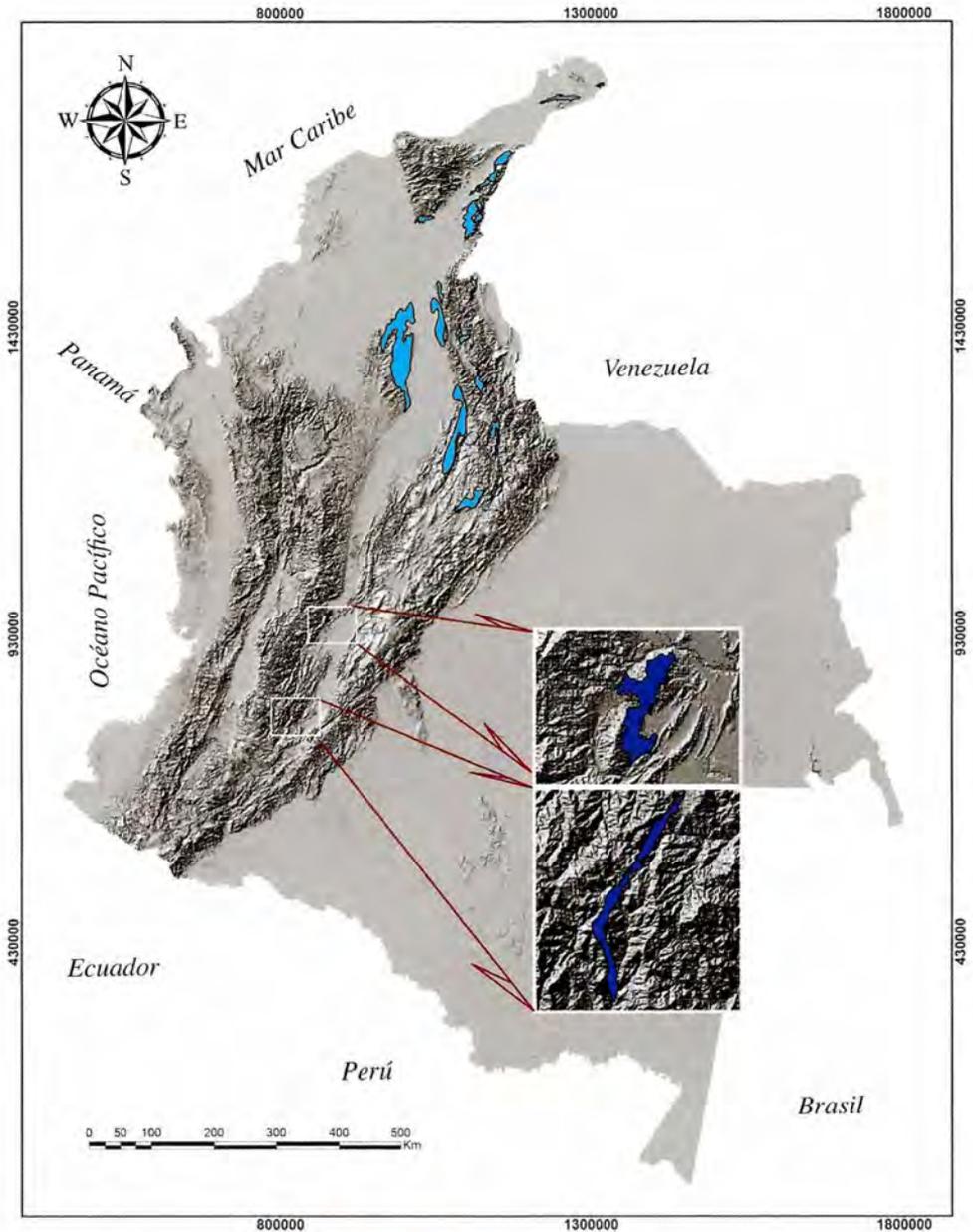
En el departamento de Huila se citan 39 explotaciones vigentes de cuerpos calcáreos, en los municipios de Neiva, Palermo, Nátaga, Teruel y Santa María, y 48 licencias de exploración en los municipios antes citados, y también en los municipios de Aipe, El Hobo, Timaná, San Agustín y Ambicá, todas en rocas del Paleozoico inferior (del Granadillo) y Paleozoico superior. No obstante, no se conoce información sobre los recursos, la calidad o el potencial de la mayoría de estos cuerpos calcáreos. Los mejores afloramientos son los de Cerro Neiva.

Mesozoico

Depósitos del Triásico y Jurásico

En la Era Mesozoica de Colombia se registran los periodos Triásico y Jurásico, cuya trascendencia no está dada por la presencia, en ellos, de recursos calcáreos de gran importancia económica, sino más bien por el hecho de mostrar el principio de un nuevo acontecer en la historia geológica del país: la formación y el desarrollo de la gran cuenca de sedimentación mesozoica, que toma el nombre de Rift colombiano y que se formó con unas modalidades que se exponen más adelante, para su discusión.

Es así como se tienen en cuenta los afloramientos, espesores y facies de las formaciones Luisa, Payandé y Saldaña (Triásico inferior, Triásico superior y Jurásico inferior a superior), y luego, más al norte, aquellos de las formaciones Palermo (Triásico), Montebel (Jurásico inferior), Rusia y Girón (Jurásico), siendo calcárea, únicamente, la Formación Payandé (figura 3).



UNIDADES GEOLÓGICAS CALCÁREAS ■ Jurásico ■ Triásico

Proyección Transversa de Mercator - Esferoide Internacional - Origen coordenadas - 74° 04' 51.30W 4° 35' 56.57N Falso origen X: 1,000,000, Y: 1,000,000

Figura 3. Distribución superficial de las unidades referidas al Triásico-Jurásico.

Fuente: Ingeominas, Mapa geológico, 2006.

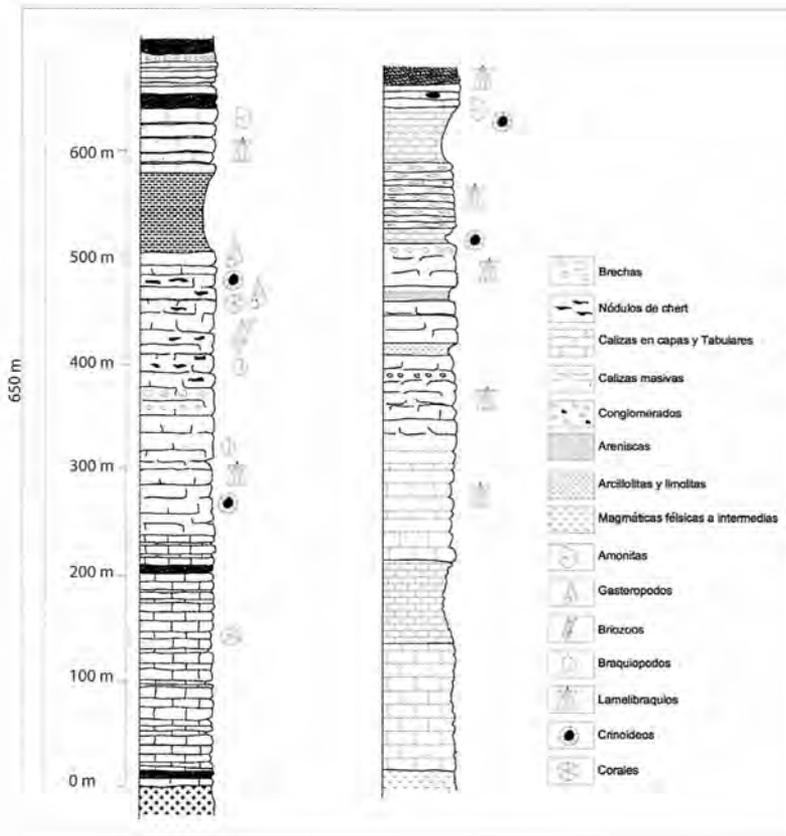


Figura 4. Columna estratigráfica de la Formación Payandé.

Fuente: Cediél, 1981, figura 4.

En el departamento de Tolima se pueden observar la Formación Luisa (Trl) (referida con dudas al Triásico inferior) con espesor de 840 metros, en el río Luisa, y de 1500 metros en el río Cucuana (Cediél et al., 1981, p. 14, figura 2); la Formación Payandé (TRp), del Cárnico-Rético, de 670 metros de espesor en Cuchilla Diamante y 650 metros de espesor en la carretera Chaparral-Puente de las Señoritas (Cediél et al., 1981, pp. 16-17, figura 4); las calizas, localmente cristalinas, de la Formación Payandé se acompañan de anfíbolitas, neises y cuarcitas; si quedan como caliza, se acompañan de lodolitas y arcillolitas negras fosilíferas; la Formación Saldaña (Jsa) (correspondiente a un tramo, no determinado, del Jurásico), de 2050 metros de espesor en la carretera San Pedro-Pole y solamente 450 metros de espesor en la quebrada Paipita (Cediél et al., 1981, p. 17, figura 6).

En el departamento de Boyacá, al oeste de Paipa y en límites con Santander, se tienen los afloramientos de las formaciones Palermo (Trp) del Triásico superior, de 530 metros de espesor, Montebel (Jim) de 426 metros (Lias), La Rusia (Jru) de 682 metros (Jurásico superior) y Arcabuco (Jar) de 613 metros de espesor, en el camino de Paipa a Palermo, y de 300 metros de espesor entre Paipa y Los Medios (también del Jurásico superior) (Renzoni, 1981, pp. 35-38, columna 1 de la plancha J-12).

En el departamento de Santander, al norte de Bucaramanga y de las trazas de las fallas de Bucaramanga y de Santa Marta, se han medido espesores de la Formación Girón (Jsg) de hasta 2000 metros.

En el departamento de Meta, al este de Villavicencio, se encuentra el Grupo La Arditá (Jsla), del Jurásico superior.

En el departamento de Arauca, en cercanías de Tame, ocurre el Conglomerado del río Ele (Jse), también de fines del Jurásico.

En el departamento de Bolívar, en la serranía de San Lucas, ocurren gruesas secuencias vulcanoclásticas triásicas y jurásicas (Jrg).

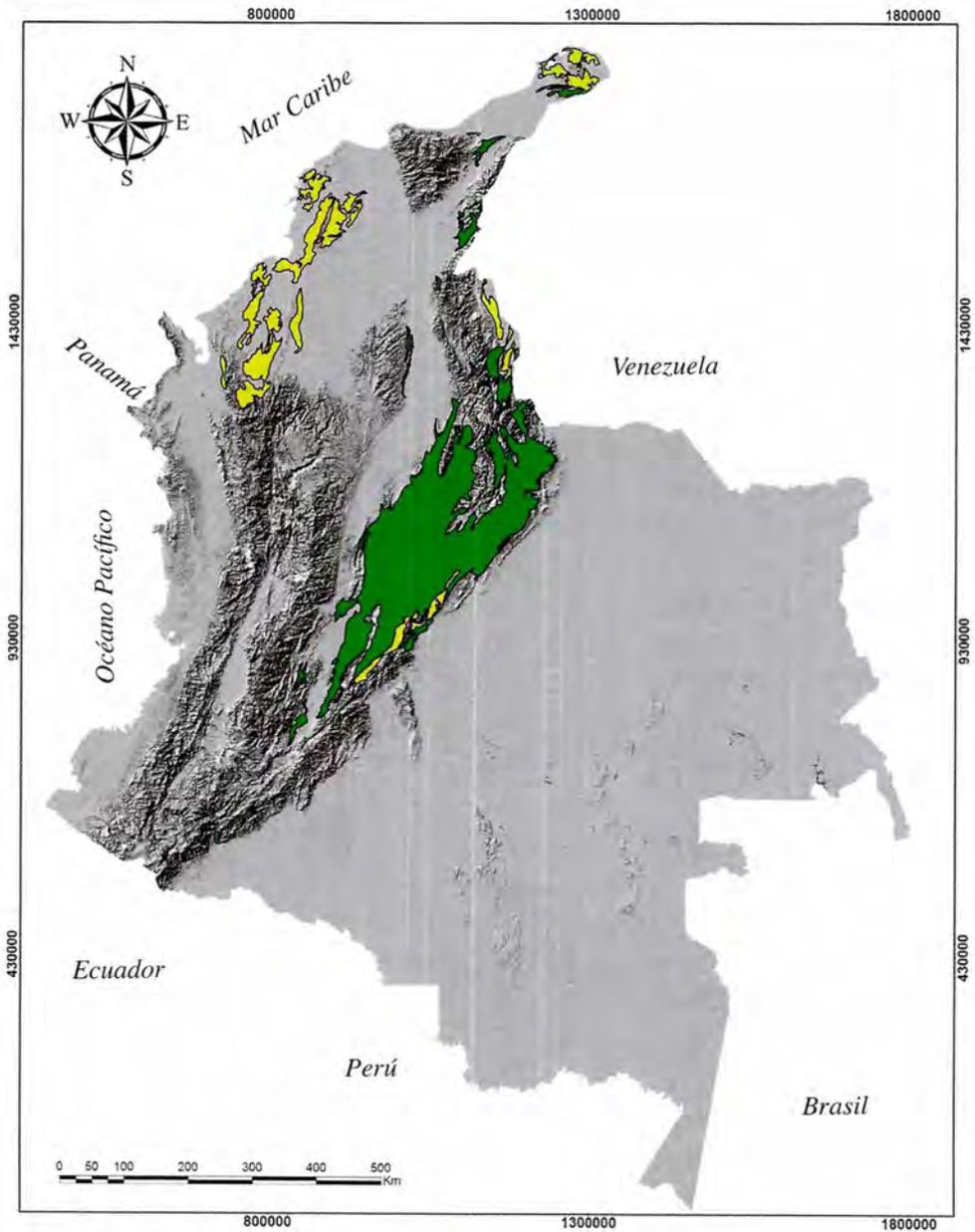
Depósitos del Cretácico

Los cuerpos calcáreos cretácicos son muy numerosos; abarcan toda la cordillera Oriental y la cordillera Central, en edades que comprenden tanto el Cretácico inferior como el superior (figura 5).

En la tabla 10 se señalan los lugares donde la literatura geológica refiere la ocurrencia de manifestaciones, depósitos y yacimientos calcáreos. Se indica la unidad que contiene calizas, mediante el símbolo utilizado en los mapas del Servicio Geológico Colombiano, sin tomar en cuenta el año de publicación de la información. Se utilizan convenciones de colores para identificar las calizas cretácicas y las calizas terciarias. En los Llanos Orientales se carece de información sobre la ocurrencia de cuerpos calcáreos y, por tanto, la descripción se sigue, por departamento, de sur a norte, y empieza con los afloramientos calcáreos del Guavio.

En el departamento del Putumayo, cerca de San Francisco, hay caliza probablemente del Albiano-Cenomaniano.

En el departamento de Cundinamarca, en el área del Guavio, se encuentran los depósitos de caliza, localizados en los municipios de Ubalá y Gachalá, al oriente de Bogotá. La extensión de los afloramientos de caliza está limitada al norte por el río Negro y la quebrada San Isidro; al este, por la falla de San Fernando; al sur, por la falla del Fríjol, y al oeste, por la falla de Manizales. Se consideran



UNIDADES GEOLÓGICAS CALCÁREAS **■** Cretácico **■** Terciario
Proyección Transversa de Mercator - Esferoide Internacional - Origen coordenadas - 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 5. Afloramientos de las unidades estratigráficas referidas al Cretácico y al Terciario.

Fuente: Ingeominas, Mapa geológico, 2006.

Sobre capas del Devónico-Carbonífero, descansan conjuntos del Títoniano y Cretácico inferior, que contienen calizas. Estos conjuntos pertenecen al Grupo Cáqueza (Kcaq), divididos en formaciones que facilitan la exposición:

Formación Cáqueza inferior, dentro de la cual se reconocen y cartografían los tres miembros (Kci1, Kci2, Kci3) dentro del conjunto de las Calizas Inferiores, y el cuarto miembro (Kci4), perteneciente al conjunto de las Calizas Superiores. El Cáqueza inferior contiene las calizas en los niveles Kci2a y Kci2c, así como en el nivel Kci4. El nivel Kci1 y el nivel Kci3 sólo muestran esporádicas intercalaciones calcáreas. El nivel Kci2a es el nivel calcáreo inferior. En la sección del Golpe de Agua, hasta San Pedro, consta de 50 a 60 metros de esparita compacta, gris clara (Guerra, 1972, p. 21). El nivel Kci2c es el miembro calcáreo superior y está constituido por un espesor de aproximadamente 120 metros de biomicrota negra.

De acuerdo con la posición y el tipo de cada falla, así como las características estratigráficas dentro de cada bloque, se puede reconstruir la forma de la cuenca en los inicios del Cretácico y fines del Jurásico. El labio occidental de la falla de los Guácharos era una elevación donde se acuñó el conjunto basal cretácico. Esta es una paleofalla que estuvo moviéndose durante la sedimentación. Lo mismo sucedió con la falla de Manizales, donde el conjunto de las calizas superiores se superpone directamente encima del Paleozoico.

En el departamento de Santander, las mismas unidades del área Monquirá-Barbosa (figura 7) se extienden tanto al oeste (Ulloa & Rodríguez, 1984, mapa 170-Vélez y su reverso), como al norte (Pulido, 1979, columnas en bolsillo; Pulido, 1979, mapa 135-San Gil y reverso; Pulido, 1985, mapa 151-Charalá y reverso).

Las rocas calcáreas de las formaciones Rosablanca y Tablazo abarcan toda el área que queda al sur de Bucaramanga. En la figura 7 se comprueba la uniformidad en la composición de estas unidades y se confirma su extensión en la gran área considerada.

En el departamento de Boyacá, las rocas calcáreas de Pesca-Suescún-Corrales-Betétiva y Duitama-Belén ocurren dentro de la Formación Tibasosa, de edad Hauteriviano inferior (en su miembro calcáreo inferior Kit3) hasta Albiano medio a superior (en su miembro calcáreo superior Kmt1) y coeva con las formaciones Ritoque (Kiri), Paja (Kip), San Gil inferior (Kisi) y con una parte baja de la Formación San Gil superior (Kis) de la cuenca del Carare (Renzoni, 1981, columnas 6 y 2 de la plancha J-12). Yace encima de la Formación Cucho y por debajo de la Formación Une de la cuenca de Cundinamarca (Renzoni, 1981, pp. 41-42) (figura 6).



Figura 6. Columna estratigráfica de la Formación Tibasosa.

Fuente: (Renzoni & Rosas, 1981).

En el departamento de Norte de Santander, las unidades calcáreas, con sus depósitos, se sitúan en la cordillera Oriental, y están conformadas por los afloramientos de las unidades calcáreas pertenecientes a esta cordillera.

Al sur de la línea Bochalema-Chinácota, éstas se asientan en plena cordillera Oriental. Un poco más al norte de la misma línea, la cordillera empieza a cambiar de rumbo hacia el nor-noroeste, después que se ha bifurcado al separarse de la cordillera de Mérida; las unidades calcáreas se encuentran en la vertiente oriental de la cordillera. En la parte meridional del departamento, en la región de Pamplona, ocurren unidades geológicas con características estratigráficas que indican que las unidades provenientes de Boyacá avanzan hasta el sur de Norte de Santander.

Para el interés de este trabajo, dentro del intervalo de tiempo considerado, y al norte de la línea anteriormente mencionada, entran a Norte de Santander las unidades calcáreas cretácicas que pertenecen a las sucesiones de la cuenca de Maracaibo, cuya esquina suroccidental llega a ocupar los dos tercios del mapa G-13 (Colpet, 1967b, mapa), esto es, toda el área al oriente de las fallas de Gramalote y de Las Mercedes, aquí consideradas paleofallas. Las calizas son comunes en la Formación Uribante (Kmu), del Aptiano superior-Albiano, específicamente como secuencias continuas en las partes media y superior del miembro Tibú, y como intercalaciones dentro del miembro Mercedes y en las formaciones Cogollo (Kmc) del Cenomaniano (aunque podría tener rango desde Albiano superior hasta Turoniano inferior), La Luna (Ksl) del Turoniano-Coniaciano y en la parte superior de la Formación Mito Juan (Ksm) del Maestrichtiano (figura 8): todas corresponden al Cretácico (Colpet, 1967b).

En el departamento de Cesar, las unidades calcáreas y sus depósitos pertenecen a la cordillera Oriental y a la Sierra Nevada de Santa Marta. Al sur de la línea correspondiente al paralelo que pasa por Chiriguaná, la zona está colocada en la vertiente occidental de la cordillera Oriental. Al norte de la misma línea, la cordillera cambia de rumbo hacia el nor-noreste y las unidades calcáreas siguen este cambio de rumbo general. Las unidades calcáreas, incluidas las cretácicas, se mantienen aisladas hasta la altura de La Jagua de Ibirico, para luego ampliarse. El Grupo Cogollo adquiere una extensión superficial de muchos kilómetros cuadrados en las estribaciones de la serranía de los Motilones. Así es que, por su extensión, el departamento llega a abarcar las estribaciones surorientales de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Las formaciones Tablazo, Simití y La Luna pierden importancia y son sustituidas por la Formación Cogollo. En las figuras 9 y 10 se ilustran los cambios en la nomenclatura.

En Aguachica ocurren las formaciones Tablazo (Kit) del Barremiano-Aptiano y Simití (Kis) del Albiano medio a superior. En Pelaya-Ayacucho ocurren las formaciones Tablazo (Kit), Simití (Kis) y La Luna (K2l) del Turoniano inferior-Santoniano. En Pailitas-Chiriguaná se presenta un grueso afloramiento de la Formación Cogollo inferior (Kici). En La Jagua de Ibirico se observa la Formación Cogollo inferior (Kici) del Barremiano-Aptiano, Cogollo superior (Kics) del Aptiano-Cenomaniano y La Luna (K2l) del Turoniano inferior. En San Diego aflora el Grupo Cogollo, que cubre la serranía de Perijá hasta la frontera con Venezuela.

En el área de Bosconia ocurre el yacimiento de caliza más grande e importante; las enormes reservas de la Hacienda Durania son adecuadas para fabricar cemento y algunas de ellas, de alta pureza, son aptas para los usos químicos más exigentes. Se encuentran en el Grupo Cogollo (Kic) y en la Formación La Luna (K2l).

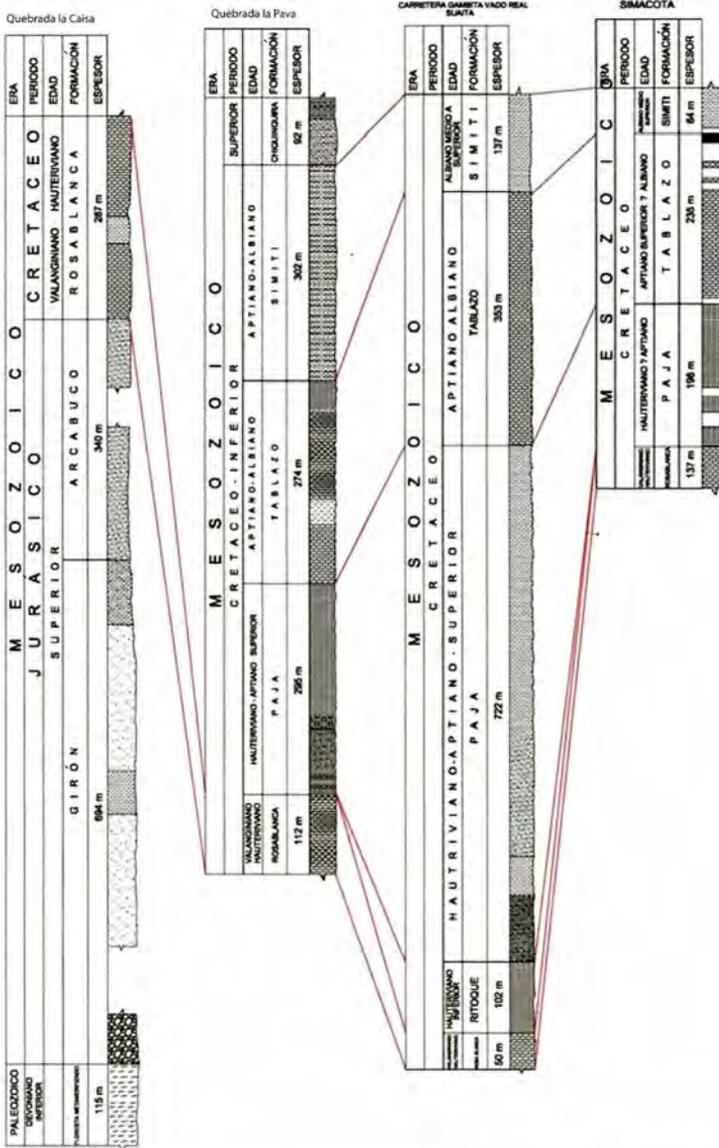


Figura 7. Columnas estratigráficas de las formaciones Arcabuco-Tablazo en La Pava, La Caisa y Sabanagrande, y correlaciones.

Fuente: Pulido, 1979, y Ulloa, 1984.

En la parte meridional del departamento de La Guajira, en la que puede llamarse la región de San Juan del Cesar, ocurren unidades geológicas con características estratigráficas que indican que las unidades provenientes del sur, desde el Cesar, siguen avanzando hasta el límite septentrional del departamento de La Guajira, tanto sobre la cordillera Oriental como sobre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Alta Guajira, donde son numerosas las unidades litoestratigráficas portadoras de conjuntos calcáreos referidos al Cretácico. Las unidades calcáreas de La Guajira están localizadas en la última prosecución hacia el norte de la cordillera Oriental, es decir en la Serranía del Perijá hasta los Montes de Oca, luego en la parte septentrional de la Sierra Nevada de Santa Marta y en los montes de la Macuira.

En Urumita se halla la Formación Cogollo superior (K2s); en el área de Sabaneta, se hallan las formaciones Cogollo superior (K2s) y Colón (K2cl), ambas correspondientes al Cretácico superior; en los alrededores de Barrancas, las formaciones cretácicas Cogollo superior (K2s) y Colón (K2cl). En el área de Hato Nuevo se observan las formaciones Cogollo superior (K2s), Colón (K2cl) y Hato Nuevo (K2hn). En los sectores de la laguna de Kuisa, Flor de La Guajira y Punta Espada, se encuentran sedimentitas cretácicas con calizas intercaladas a arcillolitas o lodolitas calcáreas. Se subdividen en ocho formaciones: Formación Paschachi (K1ps), Formación Palanz (K1ma), Formación Maina (K1m), Formación Yuruma superior (K1ys), Formación Cogollo inferior (K1c), Formación Maraca (K1p) (Albiano), Formación La Luna (Turoniano-Santoniano) y Guaralamai (Campaniano), en cercanías de Punta Espada; las seis primeras formaciones corresponden al Cretácico inferior.

En el departamento de Bolívar, las gruesas secuencias triásicas y jurásicas del sur están cubiertas por la secuencia de las formaciones: Tambor (Kita) de pocos metros de espesor, y faltante en algunos sectores, correspondientes al Hauteriviano; Rosablanca (Kir) de 37 metros y referida al Hauteriviano a Barremiano; Paja (Kip), de 89 metros y referida a Barremiano inferior-Aptiano superior; Tablazo (Kit), de 87 metros, del Aptiano superior a Albiano inferior, y la Simití, de espesor superior a 186 metros, referida al Albiano inferior a superior. Estos datos derivan del pozo Culimba 1, localizado cerca de los afloramientos meridionales de la serranía y al norte de la paleofalla Cimitarra. En dirección hacia el norte, la Formación Tambor sólo se presenta por tramos, la Formación Rosablanca es la basal y la Formación Tablazo, según la paleofalla, paralela a la citada, tiende a desaparecer al noroeste de Gamarra.

En Córdoba, junto con otras muchas sucesiones calcáreas de edad terciaria, aparece una unidad que es cretácica. Es la formación Penderisco (Ksn) del Maestrichtiano-Paleoceno inferior y perteneciente al Grupo Cañasgordas de las cordilleras Central y Oriental, con su miembro Nutibara calcáreo lidítico.

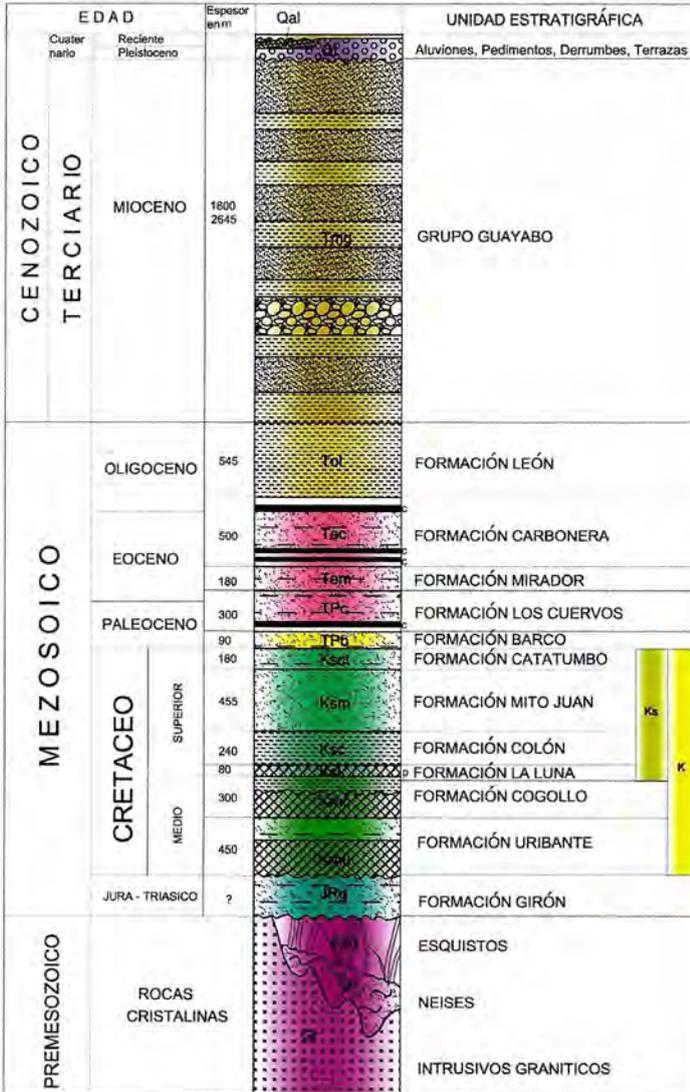


Figura 8. Columna estratigráfica del Mesozoico y Cenozoico en Norte de Santander. Fuente: Colpet, Mapa cuadrángulo G-13.

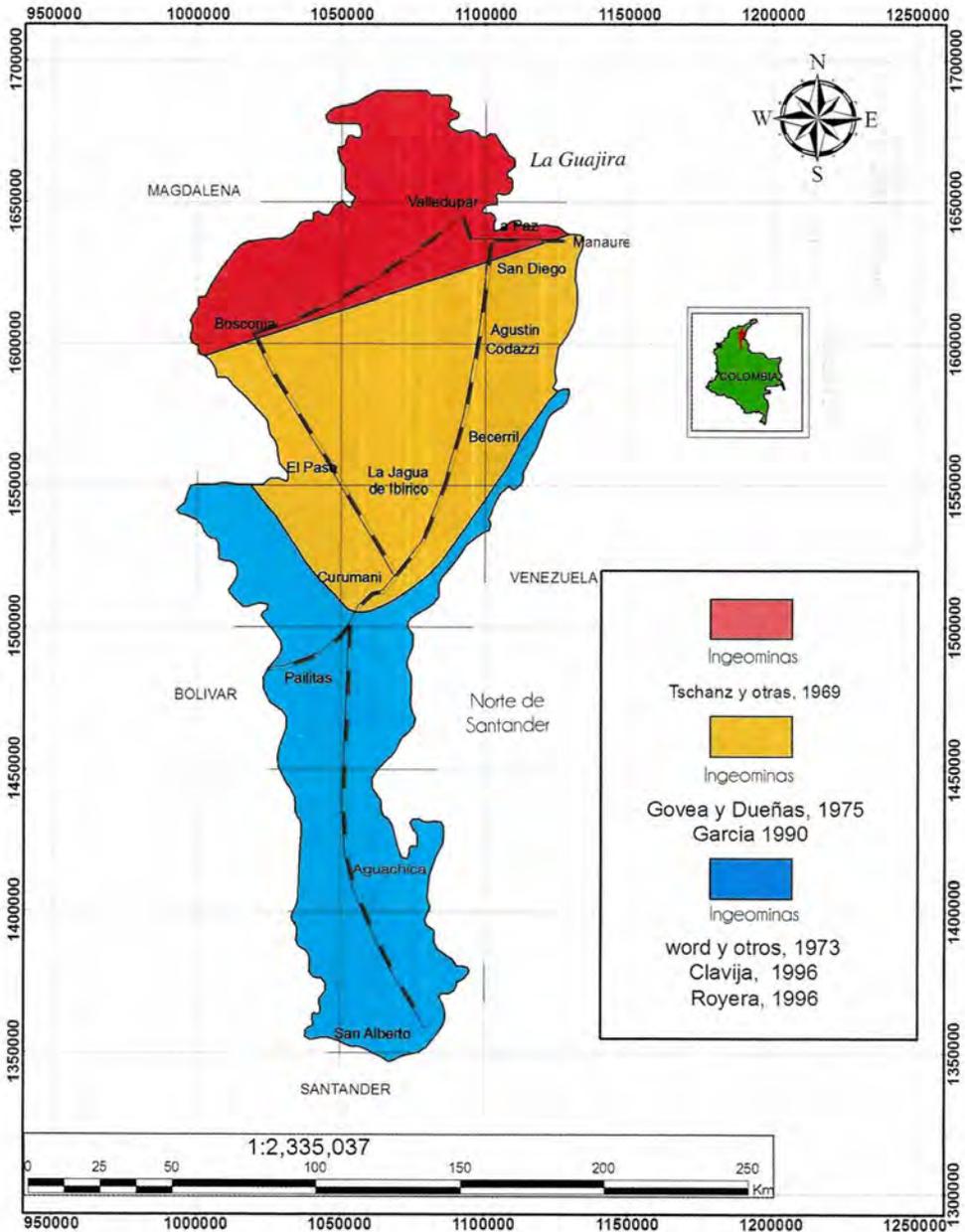


Figura 9. Zona Cesar, distribución de las nomenclaturas litológicas utilizadas.

Fuente: Arias & Morales, 1999.

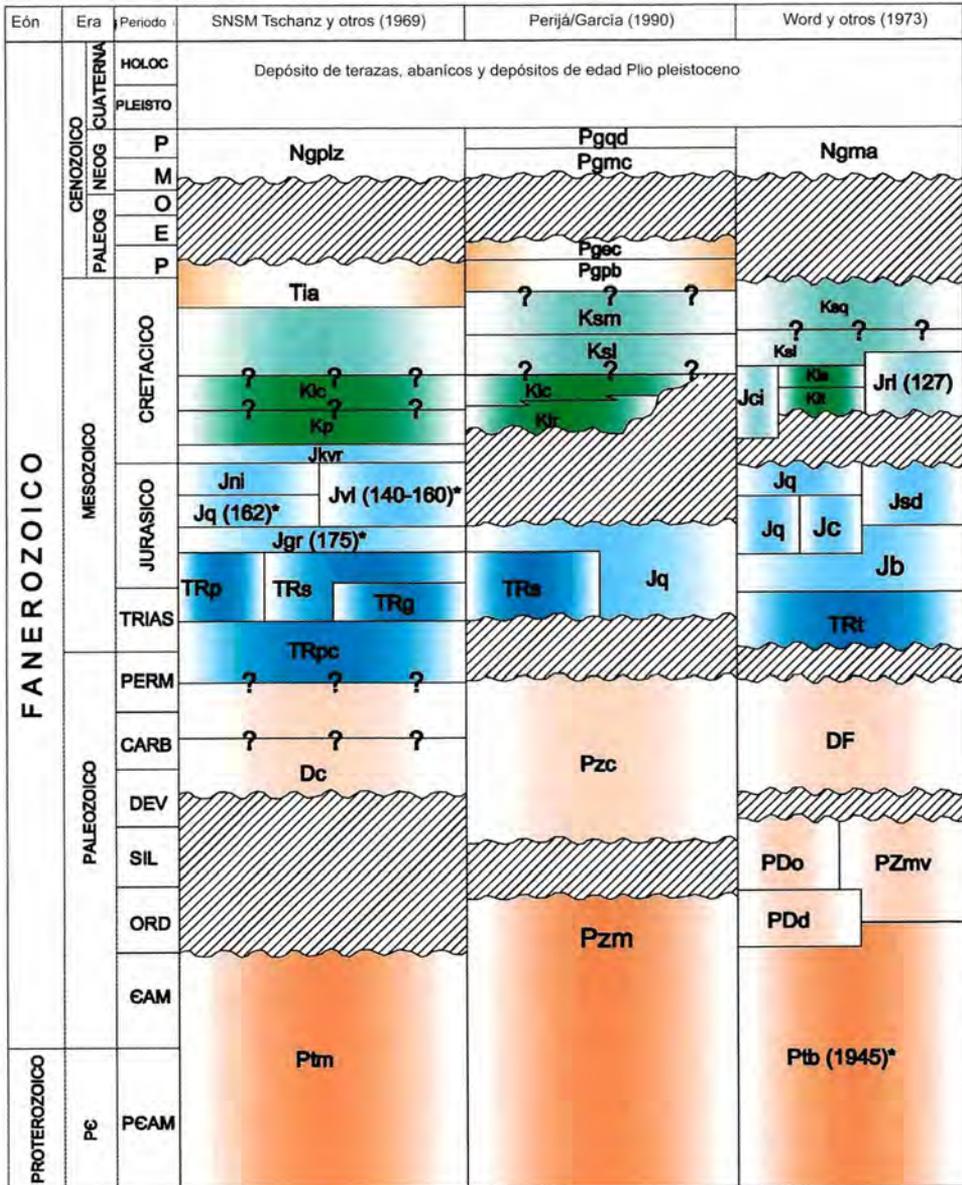


Figura 10. Diagrama esquemático de correlación de unidades geológicas en el departamento del Cesar.

Fuente: Arias & Morales, 1999.

En el departamento de Antioquia, la mayoría de las manifestaciones calcáreas se dan en las unidades paleozoicas y algo en las prepaleozoicas. Se señalan sólo aquellas probadas como cretácicas. La primera de éstas se halla en cercanías de Versalles, al sur de Medellín, donde se observó una caliza dentro de la unidad llamada Sedimentitas, del Complejo Quebradagrande (Kisqg), de edad Aptiano-Albiano. En cercanías de Abejorral se tienen otros afloramientos de la formación Abejorral (Kisa), también del Cretácico inferior. Al oeste de la anterior se presenta otra línea de calizas en Damasco, Fredonia, Loma Hermosa, dentro del municipio de San Jerónimo, en la formación Ksu (no se encuentra relacionada en la leyenda del mapa). En el área de Giraldo, Dabeiba y Frontino ocurren calcáreos cretácicos, con poco potencial y bajo contenido en carbonato de calcio, señalados sólo para sugerir una rápida exploración de los alrededores.

Cabe señalar la presencia, en el área de Medellín y en vecindades del río Cauca, de estas pequeñas fracciones de caliza y mármol, depositadas durante el Cretácico inferior y el Aptiano-Albiano, porque marcan la ocurrencia de episodios marinos durante ese periodo. La cercana Formación Valle Alto es uno de los indicios de la entrada y permanencia marina, de la gran inundación que protagoniza la prolongación en el tiempo, del inicio y posterior desarrollo del Rift colombiano. En otras palabras, la ocurrencia señalada confirma la idea previa de Etayo et al. (1976, pp. 238-242, figura 11) en el Primer Congreso Colombiano de Geología, de la entrada del mar en el Jurásico superior- Berriasiano inferior por el río Bagre, el río Porce y por la quebrada El Infierno. Con estos episodios marinos se amplía la entrada del mar hacia el sur. En el Albiano se alcanzan en Antioquia los 6° de la latitud de Versalles, lo que modifica ligera y localmente el contorno del mar cretácico durante el Aptiano-Albiano en Antioquia (Etayo et al., 1976, p. 244, figura 13).

En el departamento de Caldas, municipio de Neira, dentro de la Formación Quebradagrande (Kvc), metasedimentaria, reconocida en Antioquia y asignada al intervalo Aptiano-Albiano, intercalado dentro de filitas y esquistos sericíticos, se observa el yacimiento de mármol más grande de todo el occidente caldense.

En el departamento de Quindío, municipio de Pijao, en la carretera Pijao-Génova, entre los ríos Lejos, Azul y la quebrada Maicena, se encuen-

tra un yacimiento, localizado dentro del Complejo Quebradagrande (Kvc) del Aptiano-Albiano.

En el departamento de Tolima, las calizas de la Formación Villeta, referidas al Cretácico superior, están interestratificadas con lodolitas, arcillolitas negras y arenitas de cuarzo. Al tercer grupo pertenecen los yacimientos de moderada dimensión, de Michú y La Gallina, conformados por calizas cretácicas, probablemente de la Formación Villeta del Albiano-Cenomaniano. En el área calcárea Guacharal-Providencia se localizan calizas cretácicas, que aquí se sugiere acercar a Cretácico superior (Ks).

En el departamento de Huila, en rocas sedimentarias del Cretácico inferior, como en las formaciones Caballos (Kica) y Villeta (luego subdividida en las formaciones Hondita (Ksh) y Loma Gorda), ocurren locales secuencias calcáreas, interestratificadas con lodolitas y arcillolitas, así como en el Cretácico superior, por encima de la Formación La Tabla. En el estratotipo de la Formación Caballos por la quebrada Bambucá, hay dos intervalos calcáreos de 62 y 70 metros, respectivamente, conformados por alternancia de lodolitas negras con micritas y con bioesparruditas; este intervalo calcáreo parece continuar hasta la quebrada Yaví (Renzoni, 1994, pp. 18, 19 y 23).

En la Formación Hondita (Ksh) (Cenomaniano) hay referencias sobre la ocurrencia de capas de caliza, porque esta unidad es una secuencia de lodolitas y limonitas arenosas de cuarzo, intercaladas con algunas capas delgadas de calizas lumaquélicas. En esta formación son muchas las localidades que han presentado cuerpos calcáreos bien expuestos: al este de Tello, por el río Venado, por la quebrada Los Ángeles, por San Miguel, El Uvital, por el filo del Portachuelo y la quebrada La Guagua.

En esta misma formación, definida como del Cenomaniano (Ksh), en cuyo techo se halla la Caliza de Tetuán, se halló caliza localizada 1,5 kilómetros al sur de Timaná, en el sitio de La Cantera.

En el kilómetro 20 de la carretera que conduce de Pitalito a Palestina, a orilla de la carretera, se encuentra un afloramiento de calizas intercaladas por arcillolitas fosilíferas, dentro del Conjunto KII y probablemente en la Formación Hondita (Ksh).

En la parte septentrional del departamento del Huila se manifiestan conjuntos calcáreos cretácicos, poco detallados. En un largo afloramiento

de 30 kilómetros, que empieza en la Troja y termina en Tarpeya, se observa un banco de aproximadamente 15 metros de espesor.

El Grupo Superior está conformado por caliza cuarzosa blanca que ocupa una posición estratigráfica superior a la de la Formación La Tabla (Kst). Aflora en la quebrada Las Lajas, en la quebrada Emayá, en el flanco occidental del Sinclinal de San Antonio, y se observó su presencia en Las Ceibas, en Monte León, y termina en la hacienda Nora, al este del Caguán.

En esta área de Tarpeya se ha estudiado un yacimiento de calizas y es probablemente el mejor detallado, ya que se han determinado con exactitud su posición estratigráfica, espesor, calidad y potencial. Tarpeya presenta condiciones óptimas en cuanto a calidad de las calizas, reservas, costos de explotación y ubicación. Se supone que este depósito puede ser Neógeno.

Depósitos del Terciario y el Cuaternario

Los depósitos correspondientes al Terciario y al Cuaternario en la literatura geológica de Colombia se resumen posteriormente (tabla 11).

Respecto a los depósitos del Terciario y al Cuaternario, en la extensa penillanura ubicada entre las ciudades de Barranquilla y Montería y entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la costa atlántica, se desarrolló un ambiente geológico muy diferente del emplazado al oriente, en Cesar, La Guajira y Magdalena, o al sur, en Antioquia. Se caracteriza por la ocurrencia solitaria, separada, de rocas y sedimentos paleógenos, neógenos y cuaternarios, en una topografía de casi llanura y esporádicas colinas aisladas. Estas características son el resultado de la historia geológica del Cretácico, que condujo, después de la verificación de depósitos lutíticos y calcáreos, a su sucesiva desaparición o al enterramiento de éstos en algunos lugares, así como lo señalan algunas perforaciones y afloramientos. Por ejemplo, en el conglomerado presente en la cumbre de Cerro Maco, hay bloques de calizas con fósiles del Cretácico inferior. Al examinar en detalle esta enorme área, en relación con los cuerpos calcáreos, se observa lo siguiente:

En el departamento de Atlántico, el corte geológico de las planchas 16 y 17 muestra claramente el Paleógeno, con las formaciones San Cayetano, Pendales, Arjona y Las Perdices, y el Neógeno, con las formaciones Hibácharo y Tubará, fallados y suavemente plegados, por debajo de depósitos cuaternarios de gravas y arenas (Qpr) (Gravas de Rotinet) y de calizas

arrecifales con corales y moluscos (Qpp) (Formación La Popa), presentes en dirección de Puerto Colombia y al sureste de la misma ciudad. Se presentan otras unidades cuaternarias, de orígenes fluvio-lacustre, eólicos, de playa y aluviales; se destaca que toda industria cementera de los alrededores explota las calizas de la Formación La Popa.

Bürgl, en 1959 (en De Porta et al., 1974), define propiamente la unidad, constituida de “arcillas macizas que pasan gradualmente hacia arriba a calizas arrecifales, las que componen exclusivamente la parte superior”, en referencia a los estratos que constituyen el cerro de La Popa en Cartagena, con un espesor de 150 metros y cuya descripción, de abajo hacia arriba, corresponde a Nivel A: arcillas micáceas gris oscuras, con yeso. Nivel B: arcillas arenosas con bloques y grumos de calizas arrecifales. Nivel C: caliche amarillo, con bloques de arrecifes coralinos. Nivel D: caliza porosa arrecifal. Nivel E: caliza maciza de arrecifes coralinos (Barrera, 1998, pp. 30-33, figura 10). En la figura 11 se presenta la columna estratigráfica de la Formación La Popa.

En el departamento de Bolívar, el Paleógeno de las formaciones San Cayetano, Pendales, Arjona y Las Perdices caracteriza el área, como en el departamento de Atlántico. En cuanto al Neógeno, junto con las formaciones Hibáchara Miocénica y Tubará Pliocénica, aparece una nueva, la Formación Bayunga del Mioplioceno. En el Cuaternario, aparece también una nueva unidad, la Formación Arroyo Grande (Qpag). En la plancha 23 la topografía es más cerrada, las colinas son continuas, con extensos afloramientos paleógenos y neógenos. En el corte de la plancha (Guzmán et al., 1998, mapa) se observan las capas terciarias plegadas y suavemente dobladas. Pocos son los afloramientos de la Formación La Popa (Qpp) (Pleistoceno); los más grandes se observan al este del caserío Manzanillo y al sur de Santa Rosa; se aprecian en las planchas 29-30 Arjona (Reyes et al., 2001) donde se halla también una nueva columna de la Formación La Popa, obtenida en la perforación de la cantera Albornoz.

En esta cantera, la empresa Colclinker (hoy, Grupo Argos) realizó una perforación de 131 m, dentro de la Formación La Popa, con las siguientes características (figura 12): en la parte inferior se presentan 15 metros de calizas arrecifales, color amarillo claro, terrosas o cristalinas, compactas, con abundantes corales y bivalvos en disposición desorganizada; sobre ésta, aparecen 18,5 metros de arcillas plásticas grises y pardas, alteradas.

Ocurren en capas delgadas, con intercalaciones de arenas de cuarzo, de grano fino y medio, amarillo claro, también en capas delgadas; luego aparecen 15 metros de arenas; encima hay 22,5 metros de lodolitas calcáreas, gris oscuras, pardas y amarillo claro por alteración, en capas delgadas; sobre éstas, se presentan 30 metros de calizas arrecifales, amarillo claro a crema, cristalinas y terrosas, compactas o cavernosas, con corales y conchas de bivalvos dispuestos en forma caótica, las capas no están bien definidas; el techo de esta secuencia está constituido por 30 metros de arcillas grises, pardas a negras, muy plásticas, en capas delgadas, masivas, alteradas, con intercalaciones de arenas de grano fino, cuarzosas y líticas, gris oscuras, arcillosas; algunas son bioclásticas, con conchas de bivalvos y gasterópodos.

En la plancha 24 se notan aproximadamente las mismas unidades presentes en la plancha 23, con dos diferencias muy importantes en lo que a caliza se refiere: no aparece la Formación La Popa (Qpp), sustituida, por así decirlo, por la Formación Arroyo de Piedras, eocénica, que está en explotación y en cercanías de la carretera que conduce de Barranquilla a Usiacurí y desde Sabanalarga hasta Santa Catalina y Cartagena.

En el departamento de Sucre afloran esencialmente rocas sedimentarias poco consolidadas; se trata de unidades de origen marino del Cretácico superior y del Paleógeno. El área calcárea abarca toda la parte principal de los afloramientos de la Formación Toluviejo (Pgt), eocénica. Las calizas ocurren en varias unidades en las formaciones San Cayetano, Maco, Chengue y Toluviejo, constituidas por arenitas de cuarzo, lodolitas, arcillolitas y conglomerados con intercalaciones de calizas. Únicamente la Formación Toluviejo contiene caliza que puede ser aprovechable por su espesor y calidad; sus secciones más completas y representativas se encuentran en el arroyo Chalán y en los alrededores de Toluviejo (Varsovia, Cerro Mena y canteras de la fábrica de cemento Tolcemento).

A nivel regional, la Formación Toluviejo está compuesta principalmente por una sucesión de calizas con conglomerado de cuarzo hacia la base, e intercalaciones de arenitas hacia las partes media y alta. Su espesor es variable: se reportan valores entre 200 y 350 metros. La edad es Eoceno medio (Ingeominas, 2000a, pp. 25-26). La explotación de caliza para la producción de cemento realizada por Tolcemento cuenta con la infraestructura empresarial y organizacional en todos sus procesos: exploración, explotación, preparación, transformación y comercialización. En el depar-

tamento de Córdoba, las unidades litoestratigráficas con contenido cal- cáreo son:

La Formación Uva (Pgu), referida al lapso Oligoceno superior-Mio- ceno; está presente en el flanco occidental de la cordillera Occidental, en el occidente de la serranía de Abibe y en el golfo de Urabá. Esta unidad aflora al suroccidente del departamento como una franja alargada que se extiende hacia el departamento de Antioquia, en la zona de Urabá, y forma colinas suaves y onduladas. Fue definida (figura 13) como una secuencia de limoli- tas grises calcáreas con intercalaciones menores de arcillolitas de color gris, calizas detríticas y areniscas calcáreas

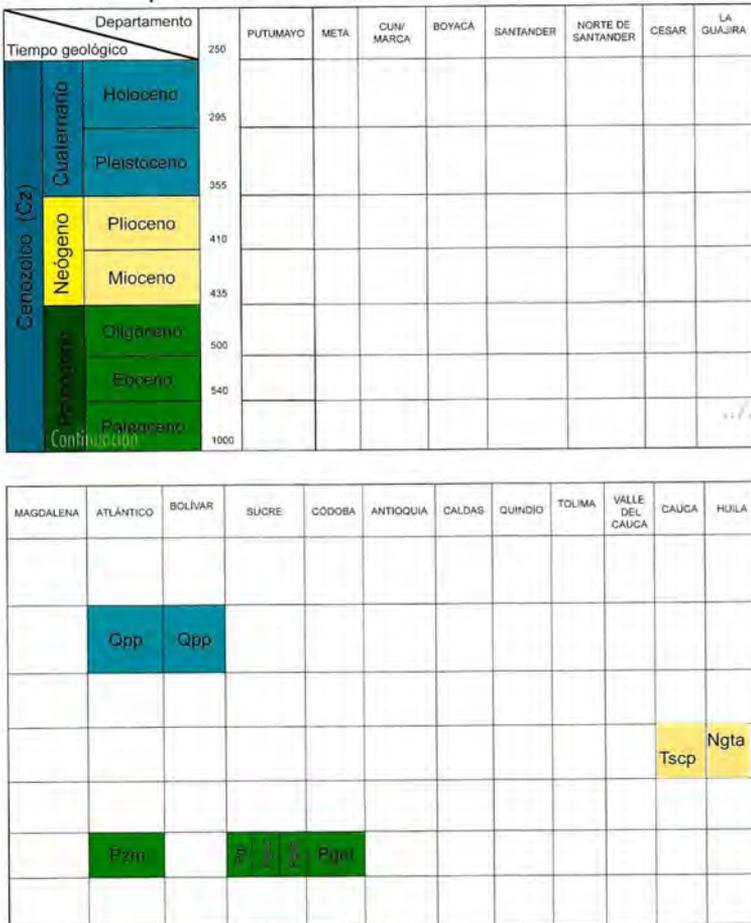


Tabla 11. Posición cronoestratigráfica de las unidades que contienen cuerpos calcáreos del Terciario y Cuaternario

Fuente: Barrera, 1998, p. 31.

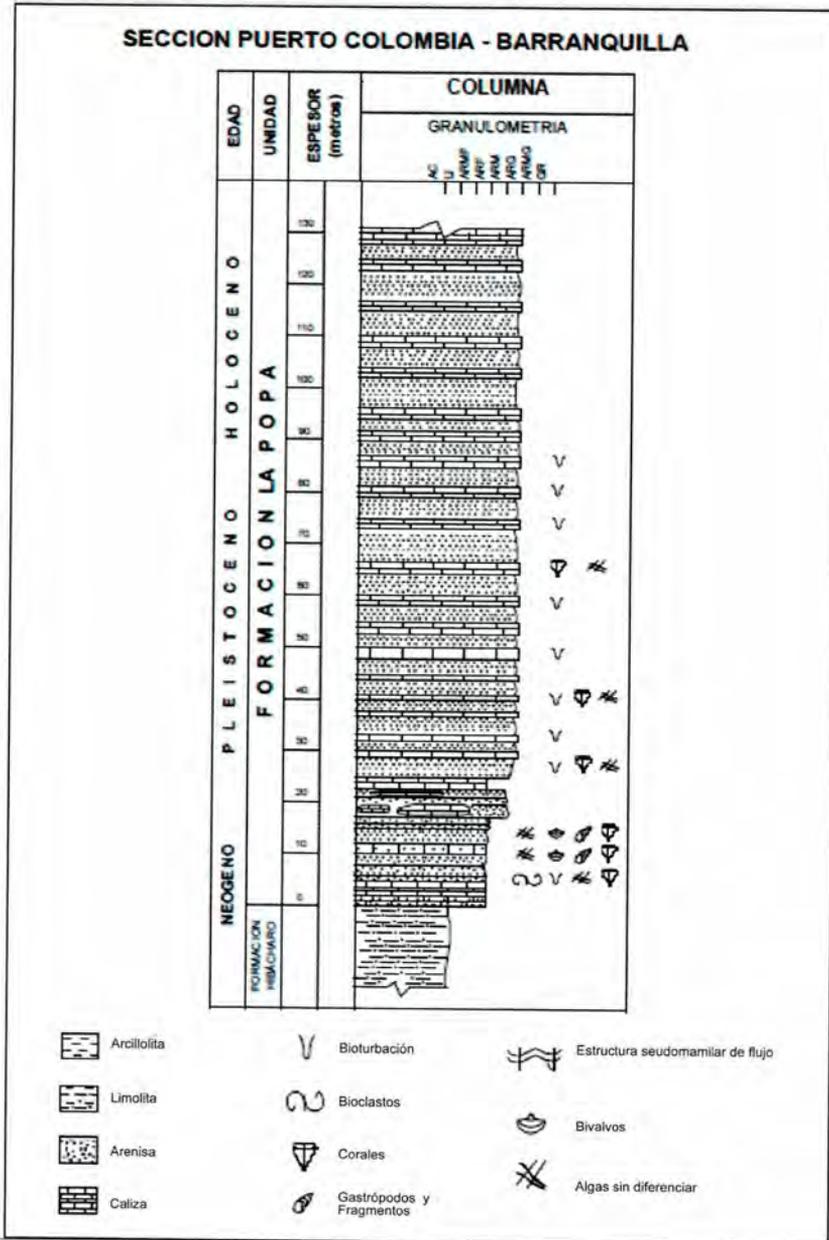


Figura 11. Columna estratigráfica de la Formación La Pops (Qpp).

Fuente: Barrera, 1998, p. 31.

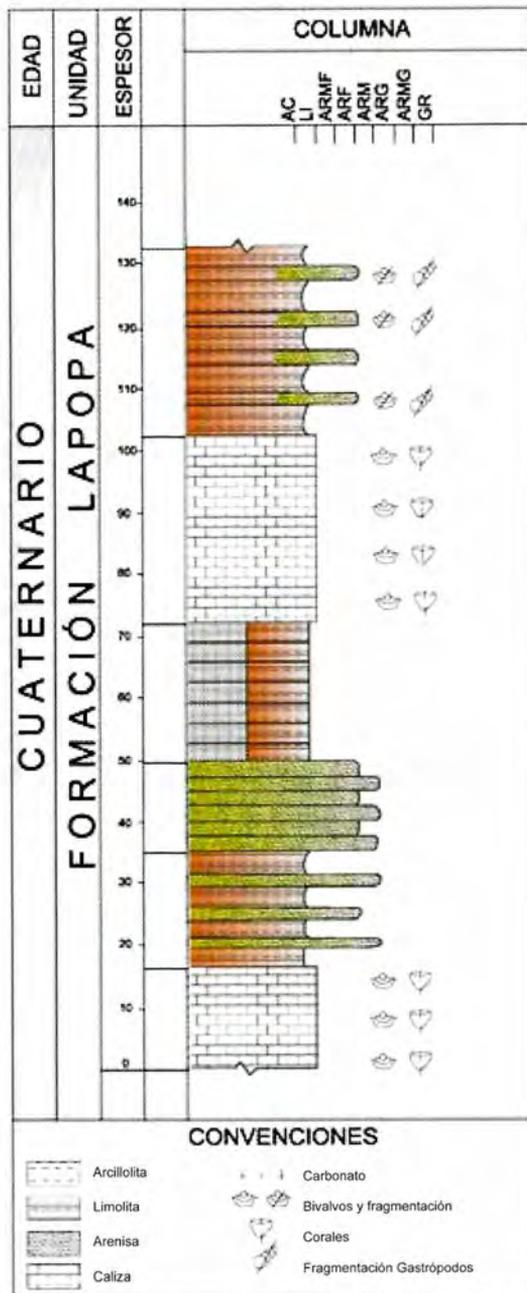


Figura 12. Columna estratigráfica de la Formación La Popa, en Albornoz.

Fuente: Reyes et al., 2001.

La sección tipo de esta unidad se encuentra localizada en la parte superior del río Uva, en el departamento del Chocó, pero es incompleta, ya que su parte inferior no aflora, al parecer por fallamiento.

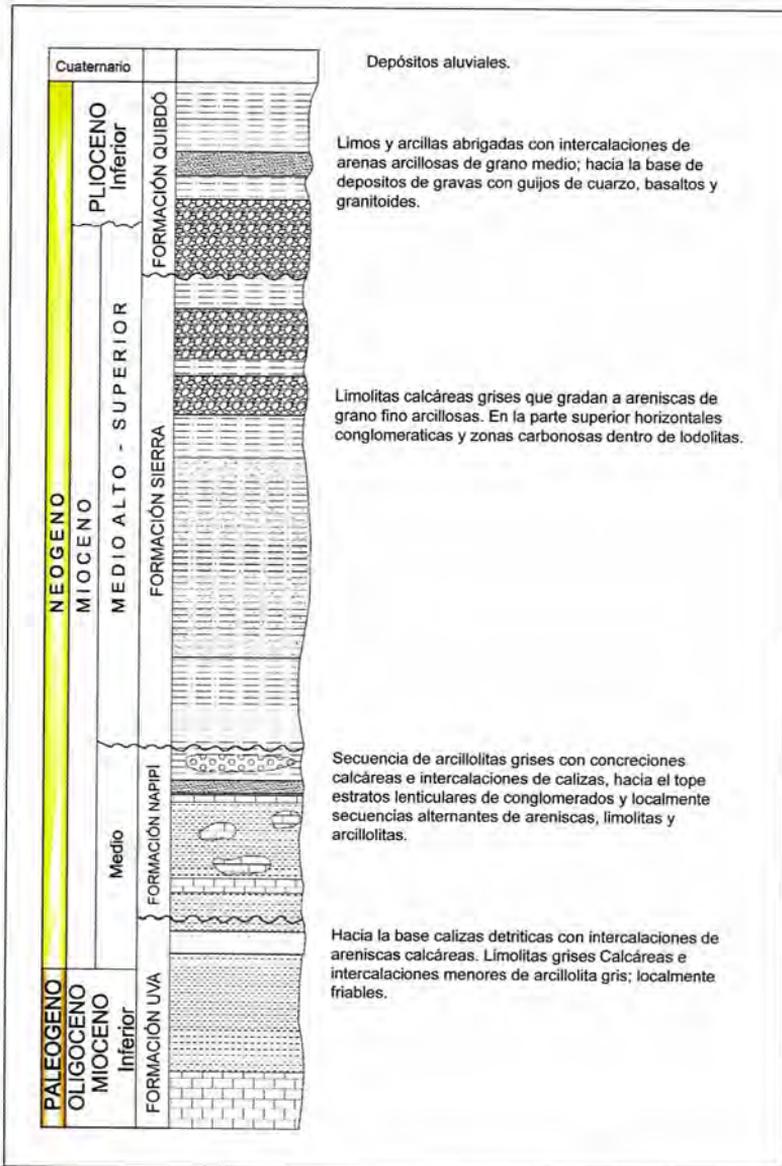


Figura 13. Columna estratigráfica generalizada de la cuenca de Urabá.

Fuente: González & Londoño, 2001.

La Formación Maralú (Pgom), referida al Oligoceno, ocurre en el cinturón Sinú, en la parte inferior de la secuencia de rocas. En el texto se reafirma la presencia en la región de La Resbalosa, de margas interstratificadas con capas gruesas de calizas micríticas. La Formación Tampa (Pget), referida al Eoceno medio; en el Anticlinorio de San Jerónimo, del cinturón de San Jacinto, muestra la ocurrencia de calizas compactas, lodolitas silíceas y arenitas calcáreas. Aflora bien en la carretera Montería-Planeta Rica y entre Santa Isabel y Las Palomas.

La Formación Ciénaga de Oro (Pgoco), del Eoceno superior-Oligoceno, también es parte del Anticlinorio de San Jerónimo. Se cita la ocurrencia de calizas, cerca del techo de la unidad. Aflora en una extensión de 180 km² y está mejor expuesta entre Montería y Planeta Rica.

En el departamento de Cauca hay una unidad llamada Costa Pacífica (Tspc) (Terciario superior), compuesta por conglomerados, lentes arcilloarenosos y calizas. Probablemente, pertenece a la misma faja de calizas que se exploró en el río Saija, al suroeste de Puerto López, que bien puede extenderse más hacia el suroeste (Marín & París, 1979, mapa).

En el Huila, el yacimiento de Tarpeya, por su potencialidad, calidad y facilidad de extraer la materia prima, se destaca entre todos los yacimientos del departamento. Según los autores de Protexa, que omiten la unidad que hospeda las calizas, podría tratarse de un calcáreo perteneciente al Neógeno y sería el único yacimiento terciario del Huila.

Rift colombiano

Con el nombre de Rift colombiano se hace referencia a la formación y desarrollo de la gran cuenca de sedimentación mesozoica, que abarca desde los Llanos Orientales hasta la cordillera Central, y desde ésta hacia el nororiente, hasta comprender la cordillera Oriental bumanguesa con la serranía de los Motilones y la serranía de Perijá, y desde luego con la parte venezolana desde Maracaibo hasta Mérida y Barinas (figura 14).

Se propone esta idea sobre la formación y el desarrollo de las cuencas de sedimentación triásico-cretácicas, en cuyo origen se propone que intervenga la actuación de fallas que luego se reactivaron durante la fase de deformación cortical terciaria. En opinión del autor de la propuesta, ésta es una forma objetiva de delimitar las cuencas de sedimentación en sus fases

iniciales de fallamiento, que abarca en edad desde el Triásico hasta inicios del Albiano, diferentes de la posterior subsidencia regional, no fallada, del área completa.

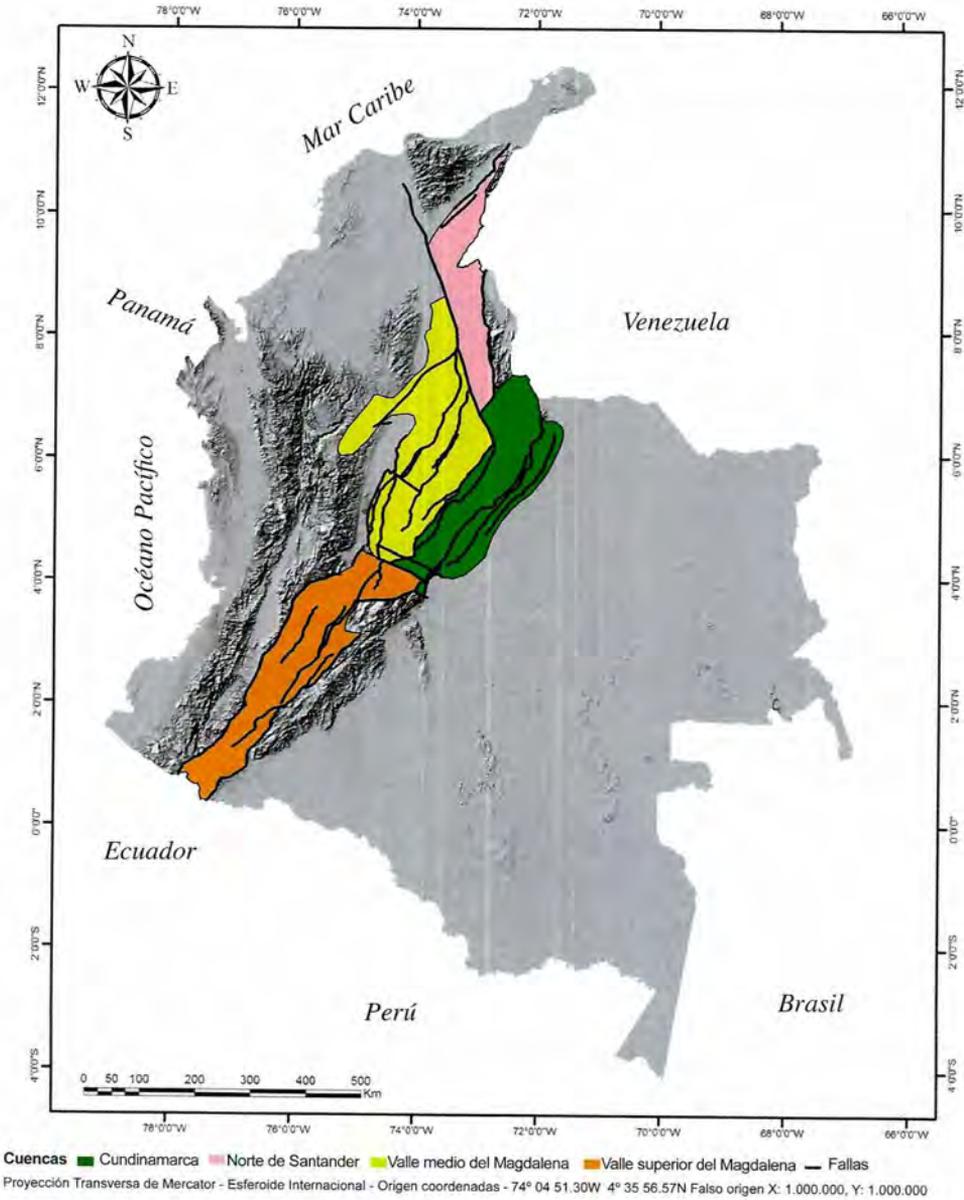


Figura 14. Rift colombiano.

En la Era Mesozoica de Colombia se registran dos periodos, el Triásico y el Jurásico, cuya importancia se debe al hecho de mostrar la formación y el desarrollo de la cuenca mesozoica que marca la reanudación de la sedimentación, después que los movimientos hercínicos volvieron masa continental el territorio colombiano, desde el oriente hasta la región de la actual cordillera Central.

El tema de las paleofallas es otro aporte de gran envergadura para el entendimiento del desarrollo de las zonas de sedimentación en tiempos del Triásico al Cretácico inferior. Es un tema geológico, que abarca la geografía nacional y vale la pena tratarlo detalladamente (*Geología regional y prospección*, 2009 & Mapa geológico 150 Cimitarra).

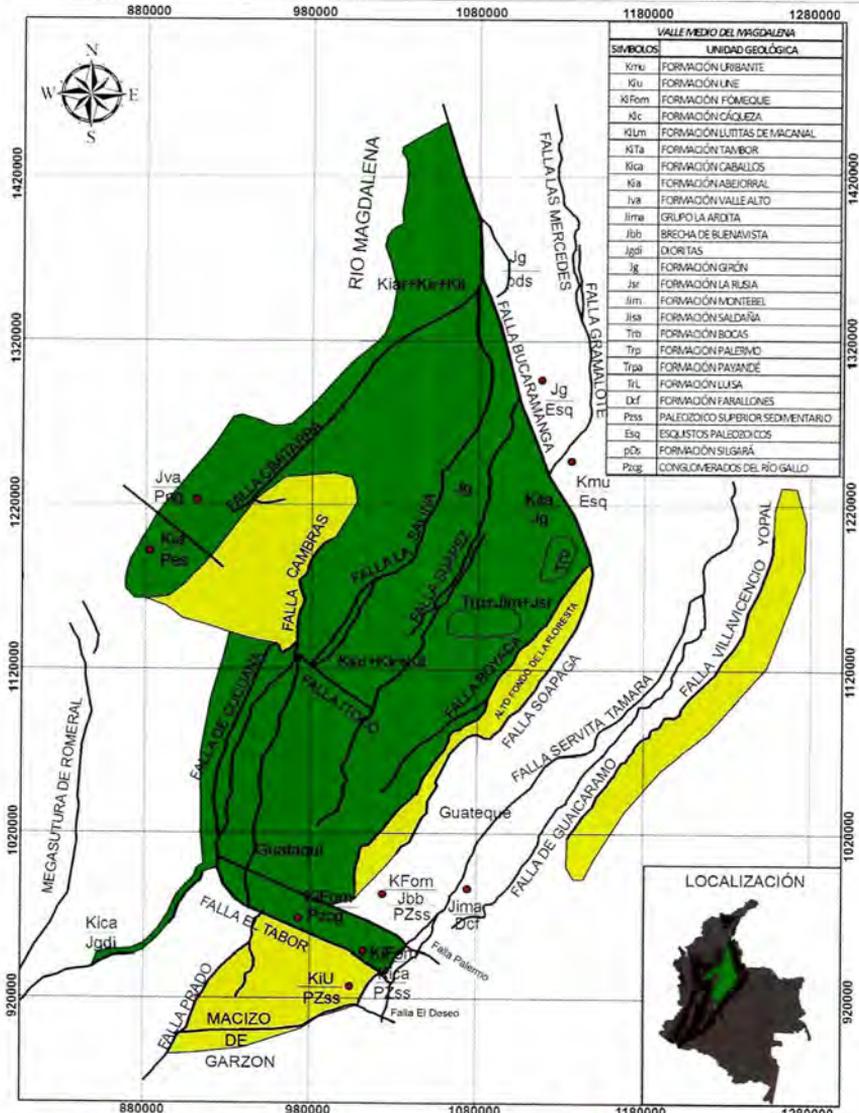
En la figura 14 se exponen los afloramientos de las unidades triásicas tolimenses (formaciones Luisa y Payandé), boyacenses (Formación Palermo, de 530 metros de espesor) y de la serranía de Perijá (Formación La Quinta), junto con las formaciones jurásicas tolimenses (Formación Saldaña), boyacenses (formaciones Montebel de 426 metros, La Rusia de 682 metros y Arcabuco de 613 metros), santandereanas (formaciones Bocas y Girón), cesarenses (Formación Girón) y Guajiras. Para las unidades como Palermo, Montebel y Rusia no existen otros afloramientos, diferentes de los citados.

Se trata de gruesas unidades, algunas de origen marino como la Formación Payandé, la Formación Montebel y la Formación Bocas; otras de origen volcánico-clástica (Formación Saldaña), y otras más de origen fluvial en su mayor parte (formaciones La Rusia, Arcabuco y Girón). Estas unidades sólo aparecen o tienen máximos espesores en algunos sitios. En otros, puede suceder que desaparezcan al tomar en consideración una paleofalla. Por ejemplo, en el Tolima, la paleofalla Santiago Pérez, que prosigue hacia el norte como Cucuana, luego como Cambrás y finalmente como Cimitarra, separa una de las áreas de acumulación de las formaciones Luisa, Payandé y Saldaña, del área lateral, localizada más al occidente, donde la Formación Caballos yace directamente sobre el Batolito de Ibagué, formado a partir del Paleozoico por eventos ígneos de diferente edad (Núñez et al., 1982, mapa y reverso).

Cuenca del Valle Medio del Magdalena

La cuenca del Valle Medio del Magdalena está delimitada al norte por la falla de Bucaramanga, al este por la falla de Boyacá; al sur, contra la prolongación hacia el NE de las fallas Palermo, Tabor y Deseo, y al occidente por la falla Cambrás-Cimitarra (figura 15).

Entre la paleofalla del Suárez y la paleofalla de Boyacá (tabla 12) se observa que los gruesos espesores de la Formación Arcabuco y de algunas de las superpuestas unidades del Cretácico inferior, como las formaciones Cumbre



CONVENCIONES: ■ Cuerpos de agua — Fallas ■ Altos y losas laterales externas ■ Depocentro y losas laterales internas
 Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1,000,000 Y: 1,000,000

Figura 15. Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Fuente: Ingeominas.

(129 metros), Rosablanca (148 metros), Paja (990 metros), San Gil inferior (480 metros) y San Gil superior (620 metros), tienen medidas altas, mas no son las máximas (Renzoni & Rosas, 1981, plancha de las columnas estratigráficas). En el sur, en cercanías de Jesús María y Sucre, entre las paleofallas de Suárez y La Salina, la Formación Rosablanca tiene un espesor de 250 metros y alcanza valores aún más altos, de 502 metros en el Anticlinal de Los Medios y 400 metros en Borbur (Ulloa & Rodríguez, 1978, 10 y plancha 170, cuadrículas C7, G1, H1).

Tabla 12. Espesor de las formaciones en cercanías de las paleofallas de Boyacá y Suárez

Formación	Espesor (m)
San Gil superior	620
San Gil inferior	480
Paja	990
Rosablanca	148
Cumbre	129

En cuanto a la Formación Paja, muestra 650 metros de espesor en la localidad tipo y 850 metros en Guaimera (tabla 13). Aún más al norte, en la Formación Rosablanca, siempre se observó un conjunto de gran espesor y variable: 400 metros en la localidad tipo (Ward et al., 1973, pp. 65-66), 600 metros en la vía entre Zapatoca y San Vicente de Chucurí (dato inédito) y se mantiene en 428 metros en la quebrada Pujamanes (Ward et al., 1973, p. 66). Estos son los valores máximos y se dan entre la paleofalla del Suárez y la paleofalla de La Salina.

Tabla 13. Espesor de las formaciones entre las paleofallas Suárez y La Salina

Formación	Localidad tipo	Paleofallas Suárez y La Salina			
		Jesús María y Sucre	La Guaimera	Vía Zapatoca-San Vicente de Chucurí	Quebrada Pujamanes
		Espesor (m)			
San Gil superior					
San Gil inferior					
Paja	650		850		
Rosablanca	400	250		600	428

En el pozo Bosques 1, al oeste del campo Sogamoso, ocurre la Formación Rosablanca de 132 metros, la Formación Paja de 44 metros y la Formación Tablazo de 88 metros de espesor. En el pozo Infantas 1613, en el campo homónimo de El Centro, se presentan las formaciones Rosablanca de 167 metros, Paja de 153 metros y Tablazo de 233 metros. En Llanito 1, al norte del Campo Llanito, se presentan las formaciones Rosablanca de 150 metros, Paja de 147 metros, Tablazo de 180 metros y Simití de 589 metros (tabla 14).

Tabla 14. Espesor de las formaciones en relación con su cercanía a las paleofallas de La Salina y Cambrás

Hacia Paleofalla de La Salina ←				Hacia Paleofalla Cambrás-Cimitarra →			
Formación/ pozo	Bos- ques 1	Infantas 1613	Llanito 1	Sábalo 1	Cimitarra 1	Yanacué 2	Culimba 1
Espesor (m)							
Simití			589	393	530		168
Tablazo	88	233	180	258	258		87
Paja	44	153	147	175	147		89
Rosablanca	132	167	150	297			37
Girón						<62	

En la ribera izquierda del río Magdalena, en el pozo Sábalo 1, se encuentran las formaciones Rosablanca de 297 metros, Paja de 175 metros, Tablazo de 258 metros y Simití de 393 metros. Al noreste de Campo Casabe, en el pozo Cimitarra 1, se observó la Formación Paja de 147 metros, Tablazo de 258 metros y Simití de 530 metros. En el pozo Yanacué 2, sobre la ribera izquierda del río Magdalena y en cercanías de la paleofalla Cimitarra, la Formación Girón no alcanza los 62 metros. En el pozo Culimba 1, localizado al noroeste de San Pablo y al oeste de la paleofalla Cimitarra, se observan los espesores de las formaciones Rosablanca de 37 metros, Paja de 89 metros, Tablazo de 87 metros y Simití de 168 metros (tabla 14). En cercanías de Cuestarrica, muy cerca de la paleofalla de Bucaramanga (Ward et al., 1973, p. 66, mapa, cuadrículas B1, C2), la Formación Rosablanca presenta un espesor de 150 metros.

Con estos datos, localizados sobre la plancha H11, es evidente concluir que los espesores, entre ciertos límites, se mantienen desde la paleofalla de La Salina hacia el oeste de la cuenca del Valle Medio del Magdalena y luego un claro adelgazamiento hacia la paleofalla Cambrás-Cimitarra. El eje de mayor espesor pasa entre los pozos Infantas 1613 y Sábalo 1, y el Pozo Llanito 1 con dirección suroeste-noreste. Los datos del pozo Bosques 1, con espesores de las unidades consideradas muy delgadas, sugieren que la cuenca estuvo levantándose o que el lugar pertenece a una losa lateral todavía no visible.

En el área al occidente de la falla de La Salina se poseen los siguientes datos sobre el espesor de la Formación Simití: 474 metros en el pozo Cascajales 1; 530 metros en el pozo Cimitarra 1; 589 metros en el pozo Llanito 1, y 393 metros en el pozo Sábalo 1k. Estos espesores, junto con los de la Formación La Luna, se interpretan como producto de una posterior subsidencia regional, no fallada, de toda el área por entero.

Estas diferencias se relacionan con la posición de la unidad dentro de la cuenca de sedimentación: mayor espesor hacia el centro, en el depocentro, y más delgada hacia los bordes o sobre sus bordes laterales, como en el área al norte de Bucaramanga (al oeste de la paleofalla de Solferino, terminación septentrional de la paleofalla de La Salina) y en el área al noreste de Villa de Leiva, donde la Formación Rosablanca llega a desaparecer en cercanías de la paleofalla de Boyacá (Renzoni et al., 1969, mapa, cuadrículas E4, F3, E10; Renzoni, 1981, columnas estratigráficas 1 y 2). Tal situación se continúa hasta la paleofalla de Itoco, una estructura transversal de rumbo N 55° W, que desplaza la falla de La Salina cerca de cinco kilómetros, en dirección noroeste-sureste (Rodríguez & Ulloa, 1994, plancha 189, cuadrículas B9 hasta D11).

Esta falla funcionó como un límite hacia el suroeste de las unidades jurásicas y cretácicas dentro de la cuenca del Valle Medio del Magdalena. Al norte de la paleofalla se depositaron las rocas de las unidades Arcabuco-Simití, y al sur, las arcillolitas, arenitas y ruditas de origen turbidítica ocurrientes hasta Apulo.

En conclusión, en la cuenca del Valle Medio del Magdalena, las paleofallas de Suárez, al oriente, y de La Salina, al occidente, limitaron la zona de mayor sedimentación desde Apulo hasta Bucaramanga.

Por último, referente a la sedimentación en la extensa área que queda entre la falla de La Salina y las estribaciones occidentales de la cordillera Central (planchas 149 y 150), algunos pozos de empresas petroleras han alcanzado la Formación Arcabuco y dejado registros de las formaciones Rosablanca, Paja y Tablazo, los cuales muestran espesores mínimos en estas unidades que indican la existencia de losas laterales externas del graben, esto es, zonas estrechas, alargadas, inclinadas hacia el oriente y bordeantes del área central del graben, donde la sedimentación es de menor espesor (Renzoni, 1994a, figura 1; Renzoni, 1994b, p. 33, figura 15).

El límite noroccidental de esta cuenca se extiende por muchos kilómetros al oeste de la paleofalla de Cambrás-Cimitarra, en la estrecha llanura existente entre los pozos Culimba 1 y Gamarra. Allí, en el pozo Trigos 1, sobre un ígneo, yace directamente la Formación Arcabuco de 15 metros de espesor, la Formación Cumbre de 20 metros, luego la sucesión Rosablanca-Paja sin datos, las formaciones Tablazo de 55 metros, Simití de 338 metros y Luna de 358 metros. Esta sucesión es muy similar a la que aflora en la vecina serranía de San Lucas, ya citada.

En el pozo Buturama 2, sobre arenitas de Girón y Arcabuco perforadas pocos metros, yacen las Calizas inferiores de 150 metros, un miembro calcáreo (Formación Tablazo) de 65 metros, las Arcillas intermedias (correlacionadas con la Formación Simití) de 280 metros y luego la Formación La Luna de 381 metros. En el pozo Crisol 3, sobre rocas ígneas, se encuentran arenitas de cuarzo, glauconíticas, de menos de 10 metros de espesor (¿Formación Arcabuco?), Caliza inferior (formaciones Rosablanca y Paja) de 147 metros, un miembro Calcáreo (Formación Tablazo) de 50 metros, Arcillas intermedias de 272 metros y Luna de 320 metros. En el Pozo Pital 1 se observaron, sobre dioritas, la Formación Arcabuco de 6 metros, Caliza inferior (formaciones Rosablanca y Paja) de 138 metros, miembro calcáreo (Formación Tablazo) de 70 metros, Arcilla intermedia de 231 metros y Luna de 351 metros.

Lo importante de estos datos consiste en observar que hasta Gamarra se mantiene la delgada sucesión del Cretácico inferior, vista en el pozo Culimba 1, y que las formaciones Simití y La Luna escapan al límite de la subsidencia por fallas en cuanto muestran espesores menores con respecto a los del centro de la cuenca, pero todavía mucho más gruesos que los de las unidades subyacentes.

Es relevante anotar otro hecho clave para todas las cuencas: la ocurrencia de la formación Valle Alto, presente en la cordillera Central, en la prolongación hacia el noroeste de la paleofalla de Itoco, donde además existe otra paleofalla que separa la Formación Valle Alto de los afloramientos de la Formación Abejorral, localizados en el lado suroriental de esta misma falla. Se cita este hecho porque es el lugar mencionado desde hace muchos años, como aquel a través del cual el mar inundó el área de las cuencas (¿o sólo el principal?) (Etayo et al., 1976, figura 11).

Cuenca del Valle Superior del Magdalena

La cuenca del Valle Superior del Magdalena es un área de sedimentación muy larga y estrecha, que va desde las antiguas minas de Cementos Diamante, en cercanías de Apulo, hasta el Putumayo; es similar a la forma del Valle Superior del Magdalena entre las cumbres del Macizo de Garzón y las cumbres de la cordillera Central (figura 16).

Durante el Trias y el Juras inferior fue lugar de la sedimentación de las unidades llamadas formación Luisa, Payandé y Saldaña, encerradas entre las paleofallas Santiago Pérez, Cucuana y Cambrás (al oeste). La Legiosa (al sureste) y Prado al noreste (Renzoni, 1994b, figura 15), aún más apreciables al considerar que la Saldaña es el yacente de la Yaví, según el esquema que fue propuesto por Macías & Llinás (1984, figura 18). “Esta es el área que empezó a combarse en el Triásico, se volvió inicialmente lugar de sedimentación detrítica de la Luisa y posteriormente de la calcárea y detrítica fina (hoy Formación Payandé), hasta que se fracturó y se colmató durante el Jurásico inferior con las piroclastitas y las lavas de la Formación Saldaña” (Renzoni, 1994a, p. 16). Las unidades nombradas no están presentes afuera de dichas paleofallas; “al oriente de la falla La Legiosa y al occidente de las fallas Santiago Pérez y Cucuana se encuentran las áreas que durante el tiempo de la Yaví permanecieron expuestas a la erosión y suministraron localmente los sedimentos” (Renzoni, 1994a, p. 16).

Durante el Jurásico superior y el Cretácico inferior, se vio de nuevo ocupada por la sucesión típica de este lugar: las formaciones Yaví, Caballos, Hondita y Loma Gorda. Para este intervalo estratigráfico, en esta área de VSM, también se han reconocido las paleofallas Santiago Pérez, Cucuana y Cambrás (al oeste) y Prado, Alpujarra y la Legiosa (al este) que actuaron durante la sedimentación de las unidades citadas (Renzoni, 1994a y 1994b). Todas estas unidades presentan un claro fenómeno de rejuvenecimiento al desplazar desde el norte, donde por ejemplo la Formación Caballos es

hauteriviana y probablemente valanginiana en sus partes inferiores, para volverse Albiana superior, al sur de Neiva. Esto sucede en el depocentro de la cuenca.

Hacia los lados de la cuenca, en las losas laterales externas, la Formación Caballos se vuelve del Albiano superior y se une hacia el este con la Formación Une, que llega desde el norte. En esta área de sedimentación se han marcado las paleofallas que actuaron durante la sedimentación de las unidades (Renzoni, 1994a y 1994b).

Así mismo se observa que el límite con la cuenca del Valle Medio del Magdalena queda marcado por las trazas de las tres paleofallas (Palermo, Tabor y Deseo, esta última denominada anteriormente Río Grande), de rumbo N 55° W, que provienen del cercano Macizo de Garzón, donde fijaron también el límite meridional a la cuenca de Cundinamarca.

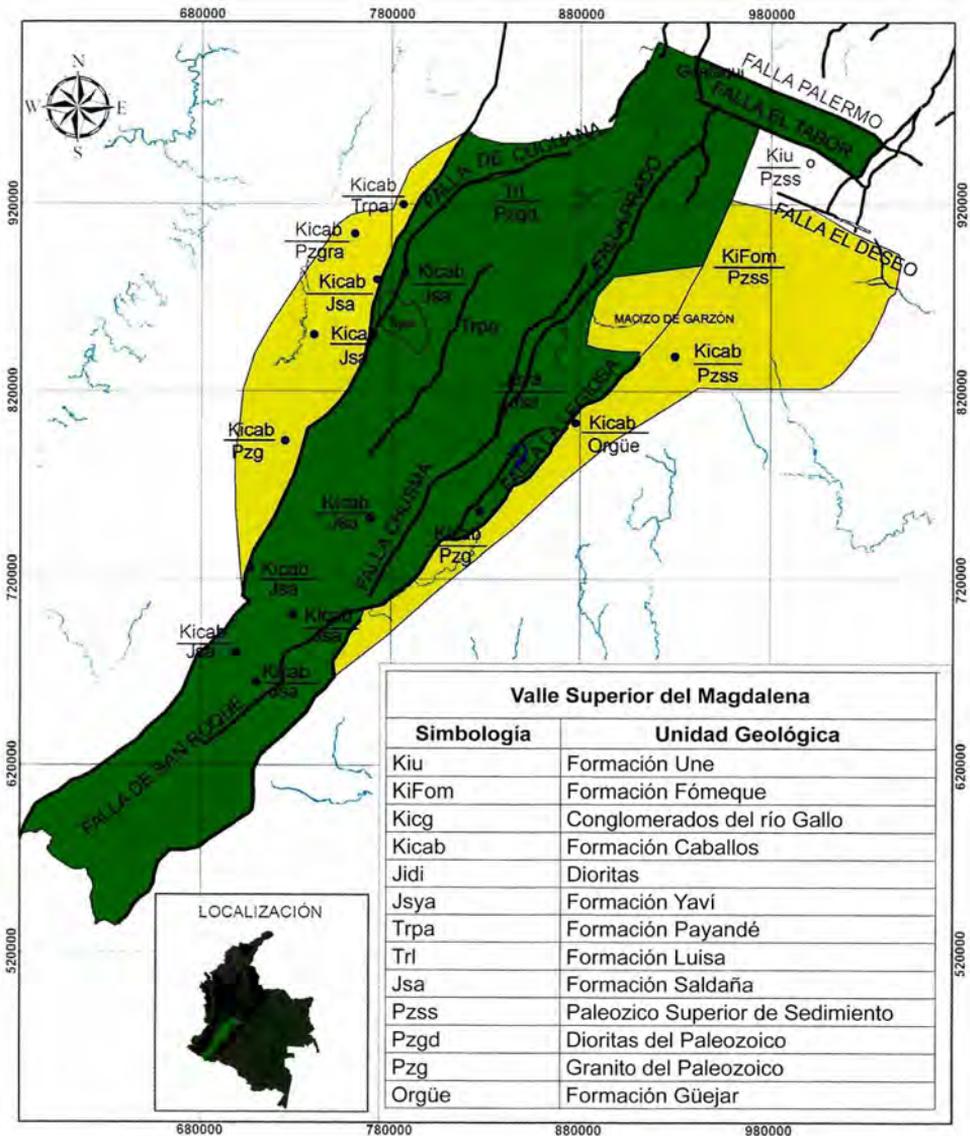
Este límite meridional se manifiesta como bloques separados entre las fallas nombradas, “donde las relaciones estratigráficas evidencian un traslape de noreste a suroeste de unidades siempre más jóvenes (Formación Alto de Cáqueza-Formación Fómeque-Formación Conglomerados del río Gallo-Formación Une) (figura 2) sobre un basamento de rocas paleozoicas deformadas durante la orogénesis hercínica. Por lo tanto, también estas fallas “son interpretadas como rejuvenecimientos de aquellas que, en origen, limitaron la extensión hacia el suroeste de la cuenca de Cundinamarca contra el Macizo de Garzón o Horst de Sumapaz, como la extensión de la Cuenca del valle superior de Magdalena contra la cuenca del Valle Medio del Magdalena” (Renzoni, 1994a, pp. 16-17, figura 1).

Cuenca de Cundinamarca

La cuenca de Cundinamarca es un área de sedimentación muy vasta, que se extiende, en sentido suroeste-noreste, entre la parte septentrional del Macizo de Garzón y Venezuela, hasta Barinas, y en sentido este-oeste, entre los Llanos y el Macizo de Floresta (figura 17).

Esto permite dibujar la forma y la longitud total de las áreas de sedimentación del Rift triásico-cretácico: al oriente, desde el páramo de Sumapaz hasta la región de Barinas, en Venezuela, y al occidente, desde la terminación septentrional del Valle Superior del Magdalena hasta Bucaramanga y más al nor-noroeste. De esta manera ha sido factible reconocer y caracterizar, con sus tiempos, facies y espesores, tanto el desarrollo occidental del Rift (graben occidental o cuenca del Valle Medio del Magdalena) como el oriental (graben oriental o cuenca de Cun-

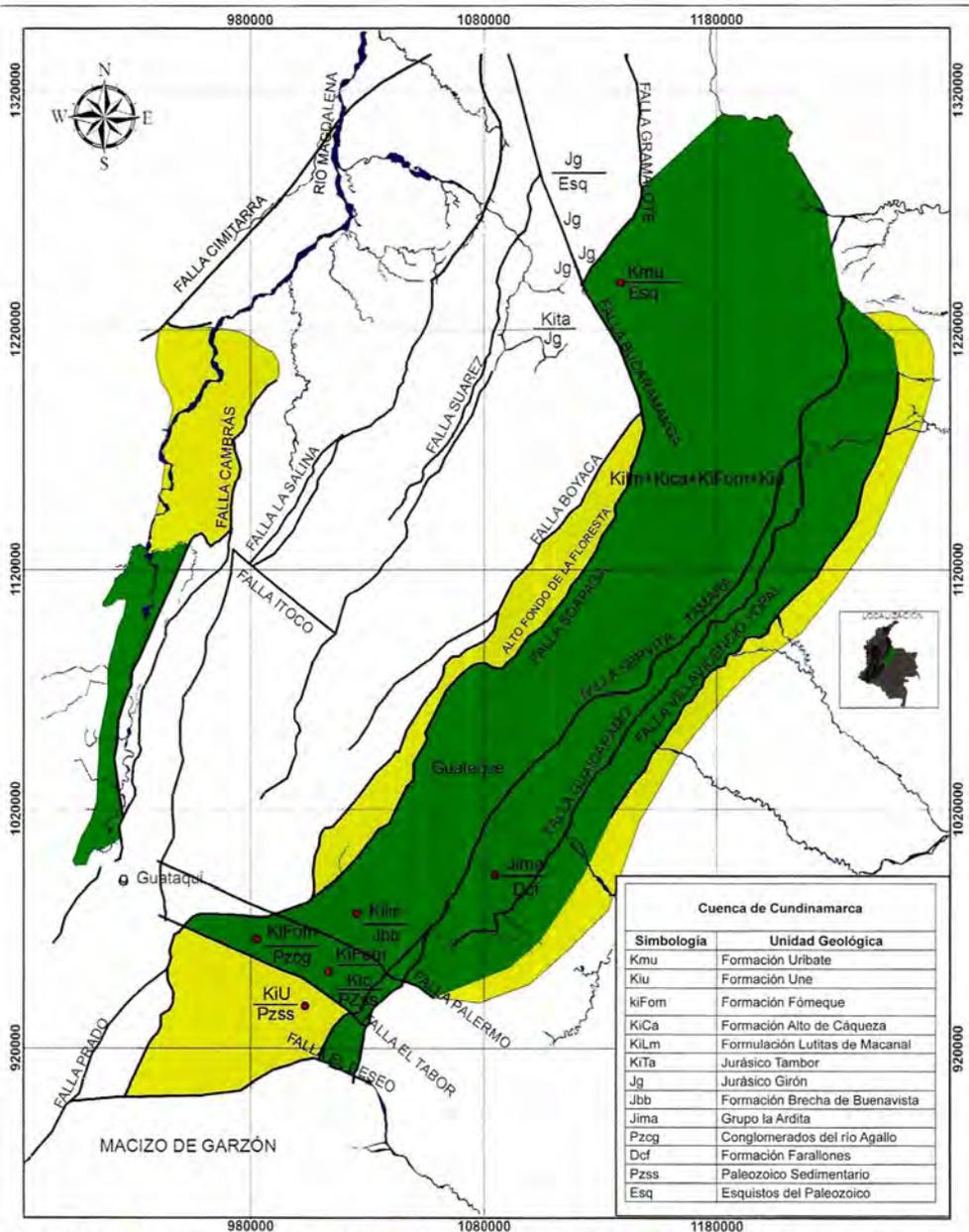
dinamarca). Estas dos cuencas, en sus mitades septentrionales, están separadas entre sí por el macizo de La Floresta, un altofondo que quedará cubierto en su totalidad por sedimentos cretácicos sólo a partir del Cenomaniano.



CONVENCIONES ■ Cuerpos de Agua — Fallas ■ Altos y Losas Laterales Externas ■ Depocentro y Losas Laterales Internas
 Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N Falso origen X: 1,000,000 , Y: 1,000,000

Figura 16. Cuenca del Valle Superior del Magdalena.

Fuente: Ingeominas.



CONVENCIONES: ■ Cuerpos de agua — Fallas ■ Altos y losas laterales externas ■ Depocentro y losas laterales internas
 Proyección Transversa de Mercator. Esferoide Internacional. Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N. Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 17. Cuenca de Cundinamarca.

Fuente: Reyes et al., 2001.

A grandes rasgos, la cuenca de Cundinamarca se individualiza a partir del páramo de Sumapaz hacia el noreste. Allí en el páramo, como ya se mencionó, se observa el límite meridional de la cuenca. Desde el páramo, hacia el noreste, las paleofallas de Servitá-Támara al oriente y las paleofallas de Soapaga-Chiscas al occidente limitaron el área de mayor sedimentación, en el intervalo de tiempo considerado, hasta la región de Barinas (Venezuela). Hay que reconocer que la actividad de estas dislocaciones y su marco temporal durante la fase del Rift son claros, no obstante la complejidad relacionada con la intensa deformación neógena que dio lugar al levantamiento de las cordilleras, en especial de la Oriental.

Al norte de la paleofalla Palermo, de rumbo N 55° W, y dentro del borde oriental de la cordillera Oriental, hay una falla inversa denominada falla de Servitá, reconocida desde hace años, y que pone en contacto las rocas paleozoicas y las cretácicas de la sucesión nombrada Grupo Cáqueza, con las rocas cretácicas más altas, más delgadas, típicas del Borde Llanero y localizadas al oriente de ésta.

La falla de Servitá, denominada en los años cincuenta “Cordillera Main Front Fault” por la empresa Shell, prosigue hacia el norte como fallas de Lengupá, Chámeza y Támara, y llega hasta Venezuela. A lo largo de ésta, la cordillera se eleva desde mil hasta tres mil metros sobre el nivel del mar. Al occidente de esta dislocación se realizó el gran espesor de la sedimentación cretácica inferior de los grupos Cáqueza y Villeta, sólo medido localmente.

Esta sedimentación empezó en el Jurásico superior; son pocos los datos, pero existen y están resumidos en la Brecha de Buenavista (plancha L-11), en el Grupo La Ardita (plancha L12), en las capas del occidente de Santa María de Batá, donde hay una unidad de la parte alta del Jurásico inferior (Geyer, 1973, figura 3) y en las unidades del occidente de Tame llamadas La Quinta.

La paleofalla Soapaga en la mitad septentrional y Nemocón en la mitad meridional limitan por el lado occidental de esta misma área de sedimentación de la cuenca de Cundinamarca. Ninguna de las unidades del Grupo Cáqueza y del tercio inferior del Grupo Villeta presentes en el labio oriental de Soapaga ocurre en el labio occidental; sólo la Formación Une, del Cenomaniano, en esta parte septentrional, es común a los dos labios de la falla. En lo que se refiere a la falla de Nemocón, ésta tiene un desplazamiento mucho menor y desaparece al norte de Bogotá, en cercanías de la

zona que se supone comunicó la cuenca de Cundinamarca con la del Valle Medio del Magdalena.

En cuanto a los sedimentos yacentes en esta gran área apenas definida, se refiere lo afirmado en un trabajo anterior: Las rocas pertenecientes a esta extensa y espesa unidad son prevalentemente lutíticas al sur de esta área:

- a) En la sección de Bogotá-Villavicencio (Renzoni, 1968, pp. 95-107).
- b) En la sección Guateque-San Luis de Gaceno (Ulloa & Rodríguez, 1979, pp. 16-23).
- c) En la sección del río Cusiana entre la laguna de Tota y Pajarito (Ulloa & Rodríguez, 1984, pp. 10-14; Ulloa et al., inédito).

En estos cortes, la Formación Lutitas de Macanal, de edad berriasiana-hauteriviana, está constituida casi por entero por lodolitas y arcillolitas y abarca la gran mayoría del espesor del grupo.

La granulometría prevaleciente de todo el grupo, en los afloramientos al norte de esta área, es marcadamente distinta:

- a) En la sección de la Sierra Nevada del Cocuy (Fabre, 1981, pp. 4-6, figuras 1 y 4), la Formación Rionegro, de comprobada edad valanginiana-aptiana, equivalente al citado grupo, es arenítica y tiene escasas intercalaciones métricas de lutitas;
- b) Un poco más al sur de la anterior, en la sección de la carretera que conduce de Chita a Sácama (Fabre, 1983, pp. 32-33, figuras 8, 10, 11, 12, plano 3), por debajo de la Formación Areniscas de Las Juntas, de 2122 metros de espesor, ya aparece un primer conjunto lutítico de cien metros de espesor, en cuyo techo se ha colocado el límite superior de la Formación Lutitas de Macanal, de edad berriasiana a valanginiana inferior. Sesenta kilómetros al sur-suroeste de Sácama, a lo largo del río Cravo Sur, aparece el Grupo Cáqueza, conformado por conjuntos litoestratigráficos de granulometría no tan arenosa como los del norte ni tan lutíticas como los del sur; esta situación ya la interpretó Fabre (1983, figura 10) (figura 18) como cambios de facies. Sin embargo, "los conocimientos sobre esta área no son aún suficientes para probar equivalencias exactas entre todos los conjuntos", de inferior categoría, citados (Renzoni, 1991, pp. 6, 7, figura 1).

Otra paleofalla de gran importancia para la definición de la cuenca de Cundinamarca es la Falla de Yopal. Es la misma que viene desde el sur como

Falla de Villavicencio. Es poco clara en los alrededores de Monterralo, al suroeste de Pajarito, pero prosigue hacia el norte como Falla de Yopal.

Lo interesante de esta falla es que entre ella y la anterior, Servitá-Támara, se desarrolla una corta sucesión que se inicia con la Formación Brecha de Buenavista, asignada al Jurásico, y continúa con la Formación Lutitas de

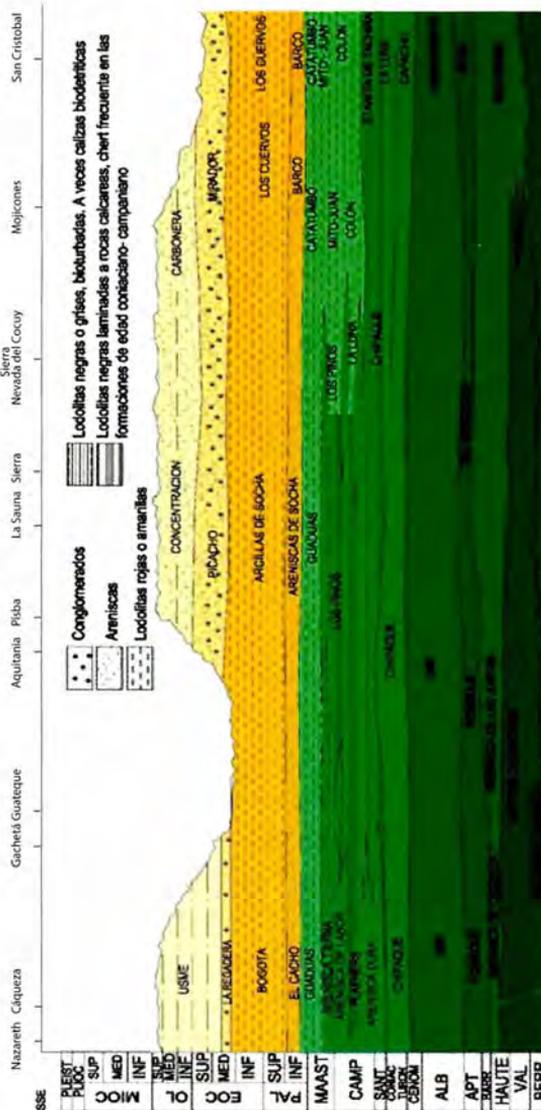


Figura 18. Correlación cronoestratigráfica a lo largo de la cuenca de Cundinamarca.

Fuente: Fabre, 1986, figura 11.

Macanal sumamente delgada, y con las formaciones Fómeque, Une y Chipaque del Grupo Villeta también muy delgadas (Pulido et al., 1998, mapa). Las dos fallas delimitan un área lateral de la cuenca que se propone indicar como losa lateral interna del graben. Al oriente de la falla Villavicencio-Yopal la sedimentación se inicia sólo con la transgresión cenomaniana-turoniana-coniaciana sobre los Llanos.

Otro hecho clave, relacionado con las paleofallas de Servitá-Chámeza-Támara y de Villavicencio-Yopal, es la proveniencia de los sedimentos del Grupo Cáqueza. Los sedimentos que rellenan la cuenca provienen del noreste venezolano, y por dicha razón son areníticos y rudíticos; además, se proyectan hacia el suroeste, hacia el sur de la cuenca y se vuelven lutíticos. No es posible explicar la casi total ausencia de rocas con granulometría gruesa en el Grupo Cáqueza, del sur de la cuenca, si no se admite que las fallas mencionadas debían tener el labio oriental levantado e inclinado hacia el este. Por eso, en el área de la losa lateral interna, la sedimentación, que se inició en correspondencia de la parte alta de la Formación Lutitas de Macanal, tiene las mismas características granulométricas poseídas por esa formación en el depocentro. La situación empieza a cambiar en el Aptiano más alto (edad de la base de la Une en Mámbara) y seguramente en el Albiano cuando llegan a la cuenca los depósitos correspondientes a la Formación Une (figura 16). La llegada de este material es referida a la elevación del nivel eustático del mar (Fabre, 1986, Introducción) y proviene del oriente, desde Los Llanos.

La Formación Rionegro sufre fuertes cambios al norte de la línea divisoria con Venezuela. En dirección noreste, disminuye de espesor y su base se vuelve siempre más joven (¿cenomaniana?) hasta que desaparece antes de alcanzar Barinas. Y en dirección noroeste, de nuevo disminuye de espesor, se vuelve más joven y empata con la base del delgado Cretácico inferior ocurrente al norte y al occidente de la paleofalla Soapaga. Igual cambio se observa en la base de la sucesión ocurrente, al sureste de la paleofalla de Icoatea (Venezuela).

Aún no es claro si este adelgazamiento coincide o no con la presencia de alguna falla actuante en ese entonces o si se realizó paulatinamente en sentido noroeste entre la Formación Rionegro muy gruesa y la Formación Rionegro muy delgada. O, en otras palabras, no es claro cómo se efectúa el cambio, en esa precisa posición estratigráfica, entre los sedimentos de la cuenca de Cundinamarca y los de la cuenca de Maracaibo, que se extiende a Colombia.

Cuenca de Norte de Santander

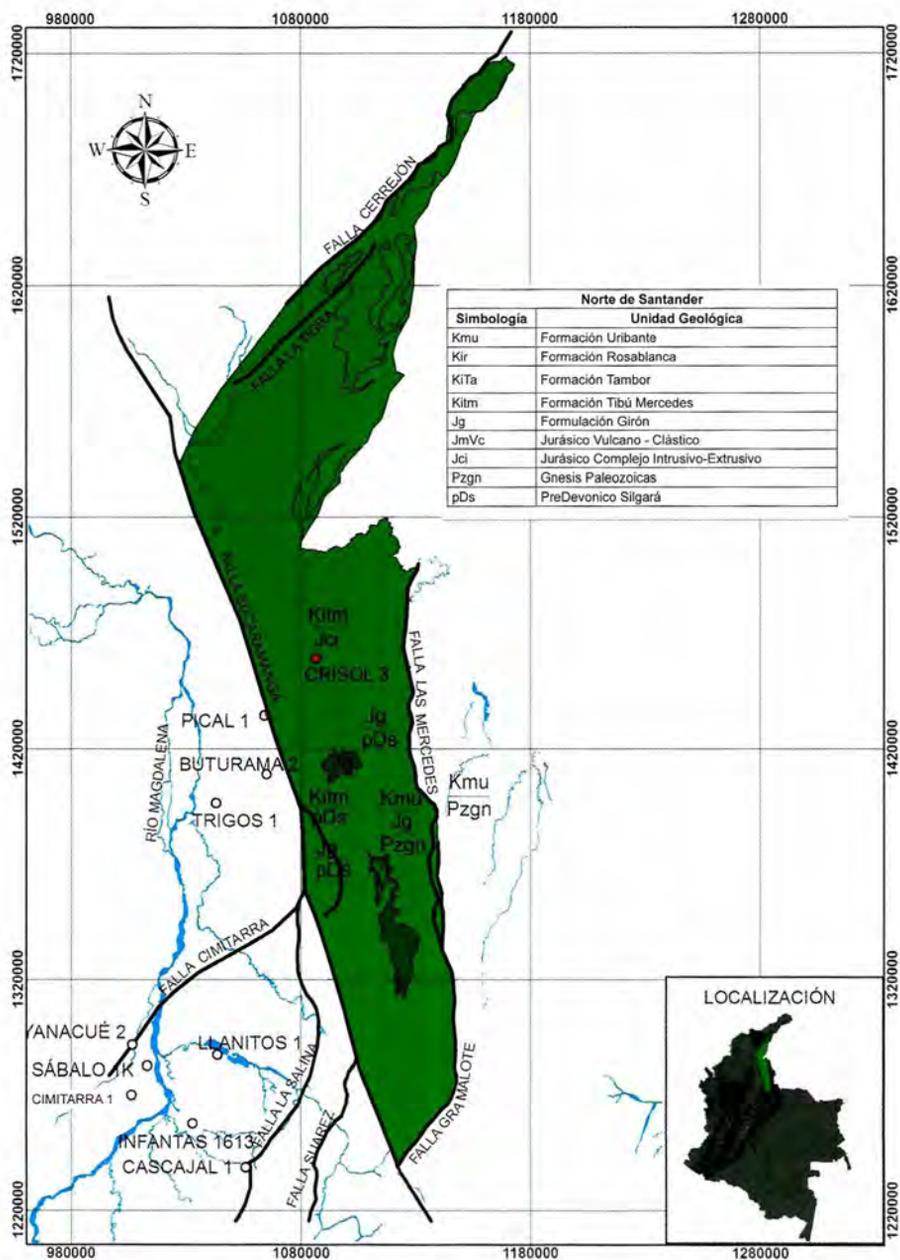
Esta cuenca la delimitan las fallas de Bucaramanga y Las Mercedes, consideradas también paleofallas porque entre ellas y las fallas de Gramalote y La Tigra y Cerrejón hay fuertes acumulaciones de la Formación Girón, que alcanza espesores de 2100 metros al este de Bucaramanga y de 1140 metros en el páramo de Guerrero. Tales espesores no existen al occidente de la falla de Bucaramanga en los pozos Trigos 1 y Crisol 3, como tampoco más al norte (figura 19).

La estratigrafía de la cordillera Oriental en el Norte de Santander y en el Cesar muestra el cambio entre la Formación Rionegro de Cundinamarca y la Formación Tibú de Maracaibo. La Formación Rionegro ha sido seguida hacia el noroeste hasta Herrán, Ragonvalia y más al norte, y se ha comprobado la correspondencia con los escasos metros de espesor del miembro Tibú del Aptiano superior. Estas unidades abarcaban el área localizada al norte de la falla Gramalote y al noreste de la falla de Bucaramanga.

Al norte de la línea que pasa por Chiriguaná, la cordillera gira hacia el nor-noreste en dirección a La Guajira. Sobre los montes de la serranía de Perijá, existen dos fallas casi paralelas: la del Cerrejón y La Tigra. Entre las dos ocurren gruesos espesores de las formaciones La Quinta, Girón y Rionegro, que simplemente faltan tanto en dirección al oeste en Colombia como en dirección al este en Venezuela, donde el Cretácico de la cuenca de Maracaibo yace, en muchos lugares, sobre rocas ígneas paleozoicas. Por tal razón se proponen como paleofallas, delimitantes de la cuenca de Norte de Santander.

Conclusiones

Se ha presentado a la crítica del lector esta idea sobre la formación y delimitación de las cuencas de sedimentación triásico-cretácicas, en cuyo origen y desarrollo inicial se propone que intervenga la actuación de fallas que luego volvieron a reactivarse durante la fase de deformación cortical terciaria. En opinión de quien escribe, ésta es una forma objetiva de delimitar las varias cuencas de sedimentación en sus fases iniciales de fallamiento, que abarca en edad desde el Trias hasta los inicios del Albiano, diferentes a la posterior subsidencia regional, no fallada, de toda el área por entero (figura 7).



CONVENCIONES: — Cuerpos de Agua — Fallas — Jg — JmVc — Kitm - Kmu — Depocentro y losas laterales internas
 Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04' 51.30W 4° 35' 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 19. Cuenca de Norte de Santander.

Fuente: Ingeominas.

Zonas calcáreas de Colombia

Los depósitos y yacimientos calcáreos están presentes en todo el territorio colombiano y tienen una amplia distribución en el tiempo geológico.

Para efectos de su estudio, se divide el territorio colombiano en 20 zonas calcáreas (figura 20), y dentro de cada una de ellas hay varias áreas calcáreas; así mismo, de acuerdo con la información obtenida para cada zona o área, ésta se subdivide en sectores y, ocasionalmente, en bloques calcáreos.

La descripción de cada una de las zonas se hace de sur a norte de Colombia, a lo largo de la cordillera Oriental; luego se describe la zona norte, correspondiente a los departamentos de la costa atlántica; a continuación, las zonas calcáreas de la cordillera Central y, por último, la cordillera Occidental.

La exposición de las zonas calcáreas se basa en la disponibilidad de información de cada una de ellas; se tratan aspectos como localización geográfica, vías de comunicación, aspectos físicos, aspectos mineros, distribución y descripción de áreas calcáreas, potencial y perspectivas.

En la introducción se establecen las definiciones de los términos que se utilizan a lo largo del documento en cuanto a zona, área y bloque calcáreo, las categorías de clasificación de recursos y reservas, el tamaño de las áreas en evaluación, y se siguen los conceptos de certeza geológica y grado de seguridad técnico-económica, de acuerdo con las sugerencias de clasificación en el marco de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

A renglón seguido se relacionan los nombres de las zonas y áreas calcáreas con sus respectivos códigos (tabla 15).

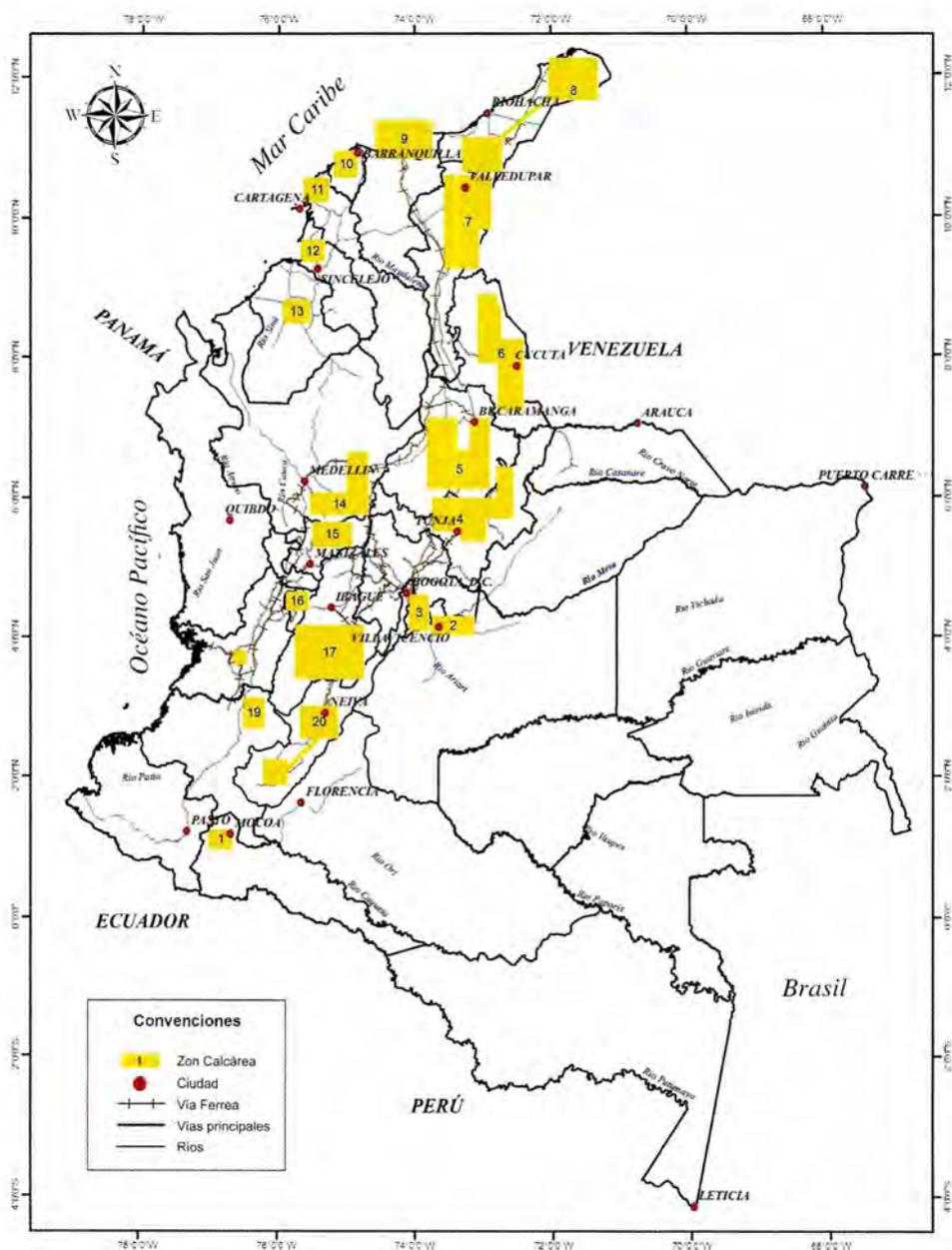


Figura 20. Distribución de las zonas calcáreas en Colombia (ver codificación en tabla 15).

Fuente: Ingeominas.

Tabla 15. Distribución de las áreas calcáreas en Colombia

Número	Zona	Área	Código
1	Putumayo	Ninayaco	101
		San Francisco	102
		Titango	103
2	Meta	La Cal	201
		El Dorado	202
		Guavio	301
3	Cundinamarca	Río Clarín	302
		Oriente de Bogotá	303
4	Boyacá	Pesca-Betétiva y Duitama, Belén	401
		Villa de Leiva	402
		Otras áreas calcáreas	403
5	Santander	La Cumbre-Zapatoca	501
		La Aguada- El Conchal	502
		Molagativa- Pangote	503
6	Norte de Santander	Mutiscua-Pangote	601
		Rosario-El Diamante	602
		Cúcuta-Pamplona	602
		Donjuana-Durania	604
		Santiago-Arboledas	605
		Santiago-Sardinata	606
7	Cesar	Aguachica	701
		Pelayo	702
		Pailitas	703
		La Jagua de Ibirico	704
		San Diego	705
		Bosconia	706
8	La Guajira	Urumita	801
		Sabaneta	802
		Barrancas	803
		Hato Nuevo	804
		Laguna de Kuisa	805
		Flor de La Guajira	806
9	Magdalena	Punta Espada	807
		La Guajira	

Continuación

10	Atlántico	La Popa	1001
		Tubará	1002
		Arroyo de Piedras	1003
		Colina de Morisca	1004
11	Bolívar	Ballesta	1101
		Canalete-Loma de Piedra	1102
		Turbaco	1103
		Albornoz	1104
		Cartagena	1105
		Púa	1106
12	Sucre	Toli Viejo	
13	Córdoba	La Cantera	1301
		La Floresta	1302
		Versalles	1401
		Santa Bárbara	1402
		Segovia	1403
		Remedios	1404
		Maceo	1405
14	Antioquia	Yolombó	1406
		Puerto Berrpio	1407
		Abejorral	1408
		Río Claro	1409
		Nutibara	1410
		Demasco-Fredonia	1411
		Giraldo-Dabeiba	1412
15	Caldas	Neira	1502
16	Quindío	Puentetabla	1601
17	Tolima	Lérida	1701
		Venadillo	1702
		san Luis-Rovira	1703
		Madroño	1704
		Cuacharacal	1705
18	Valle del Cauca	Las Guacas	1801
		La Llanada	1802
19	Cauca	Piyayó	1901
		Yaya	2001
20	Huila	Timaná	2002
		La Troja	2003
		Tarpeya	2004

Zona calcárea 1 Putumayo

La zona calcárea 1 corresponde al departamento de Putumayo y se localiza al sur del país, en la región de la Amazonia (figura 20, zona 1).

Localización, extensión y vías de acceso

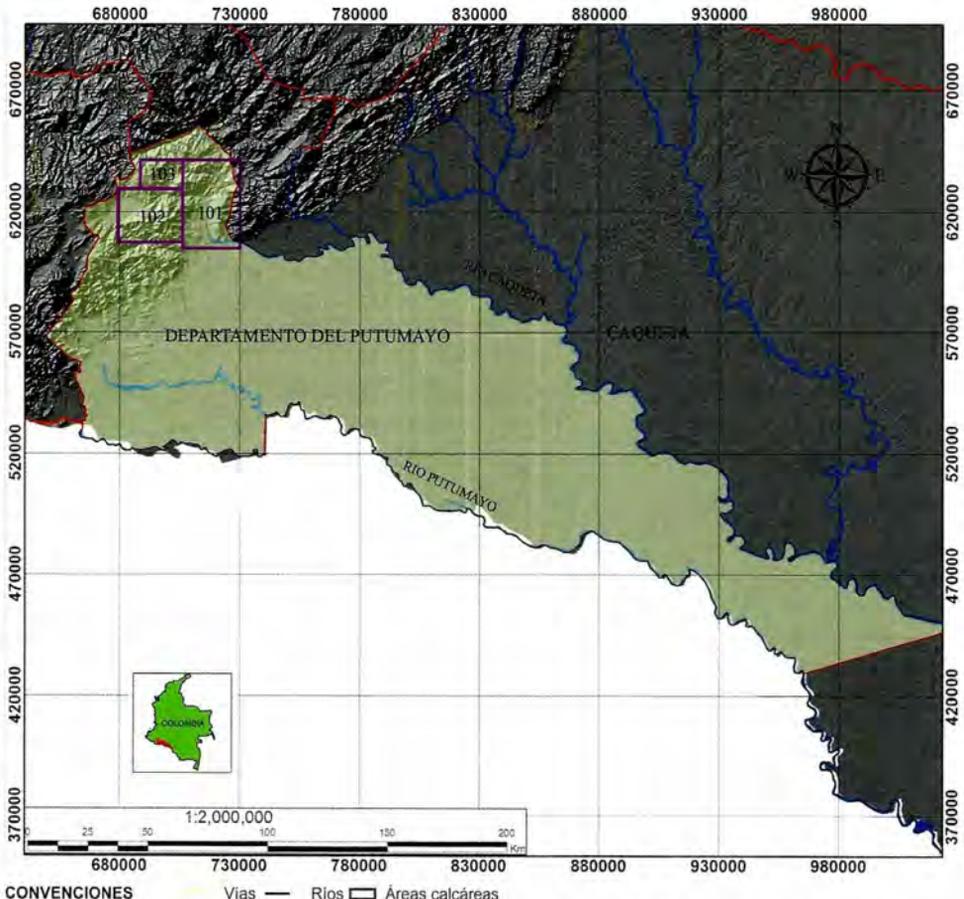
El departamento de Putumayo está situado al sur del país, entre los cauces de los ríos Caquetá al norte y Putumayo al sur; al norte, limita con los departamentos de Cauca y Caquetá; al oriente, con el departamento de Caquetá; al sur, con el departamento de Amazonas y la república de Ecuador, y al occidente, con el departamento de Nariño (figura 21); tiene una extensión territorial de 24.885 km².

Su infraestructura vial está reducida sólo a la zona del piedemonte, y para sus comunicaciones con el occidente cuenta con los caudalosos ríos que lo atraviesan en sentido oriente-occidente, entre los que se destacan el Putumayo, Caquetá, San Miguel y Guamuez. Los caseríos y pequeños poblados están ubicados a orillas de los ríos, utilizados como principales vías de comunicación; tiene dos puertos fluviales de importancia: Puerto Asís y Puerto Leguízamo.

Hay una carretera que une a Puerto Asís y Mocoa con el interior del país; otro pequeño tramo de carretera aparece en plena selva, entre Taquí y Puerto Leguízamo, que une los ríos Caquetá y Putumayo. Cuenta con cuatro aeropuertos, ubicados en Puerto Asís, Villagarzón, Orito y Puerto Leguízamo. El departamento de Putumayo tiene una extensión superficial de 24.885 km².

Aspectos físicos

La mayor parte de sus tierras son planas, pero en su jurisdicción se pueden distinguir dos zonas: la primera es de tipo montañoso, está situada al occidente, en los límites con el departamento de Nariño, y en ella sobresalen los cerros de Patascoy y Putumayo, con alturas que sobrepasan los 3500 msnm; presenta pisos térmicos cálido, medio, frío y páramo. La segunda, al oriente, es plana o ligeramente ondulada, cubierta de selva, con alturas inferiores a 300 msnm, piso térmico cálido y altas precipitaciones.



Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 21. Localización de la zona calcárea 101 Putumayo y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Putumayo se caracteriza por la ocurrencia de parques arqueológicos como el de Vides, Churumbelo y La Playa, y sitios de interés turístico como la cueva de Los Guácharos. Con actividades artesanales importantes en tejidos de lana, tallas de madera, mueblería y fábrica de utensilios domésticos indígenas, principalmente en las poblaciones de Sibundoy, San Francisco y Mocoa.

El censo del año 2005 (Dane, 2008) arroja una cifra de 310.132 habitantes para el departamento de Putumayo y es una de las regiones con mayor presencia

de población indígena (44.515 habitantes); la cobertura en servicios públicos es del 68,1% en servicio de energía eléctrica, 48,3% en servicio de alcantarillado, el 44,8% en servicio de acueducto y el 17,3% en servicio de telefonía. La participación del PIB en el agregado nacional para el año 2007 fue de 0,26%, mientras que la actividad económica más representativa dentro del consolidado nacional es de 1,44%, que corresponde a la explotación de petróleo y gas, mientras que a nivel departamental sólo constituye el 16,79%; la administración pública representa el 18,62%; la actividad ganadera, el 4,78%; los servicios de enseñanza, el 16,41%; otros productos agrícolas, 4,34%, en tanto que la explotación de minerales no metálicos apenas representa el 0,23% de la actividad económica regional.

Áreas calcáreas

En relación con las áreas calcáreas, ocurren tres depósitos calcáreos en el departamento de Putumayo, entre San Francisco y Mocoa: el primero de caliza cristalina (o mármol) y los otros dos de caliza y lodolita calcárea. Se estudiaron en 1974, mediante reconocimiento geológico inicial, con el fin de hallar materias primas para una posible planta de cemento en la zona. Las áreas calcáreas se codifican en la siguiente forma (figura 21):

- Área calcárea 101 Ninayaco
- Área calcárea 102 San Francisco
- Área calcárea 103 Titango

Área calcárea 101 Ninayaco

Localización

El depósito calcáreo es una caliza cristalina que aflora en cercanías de la desembocadura de la quebrada Ninayaco, en el río Mocoa.

Antecedentes

Este depósito se estudió durante una visita de diez días que hicieron los geólogos Vicente Mutis, Guillermo Peña y Giancarlo Renzoni, en septiembre de 1974, donde establecieron la justificación de una exploración en detalle para el proyecto de materias primas para cemento gris en el sur del país (Peña & Renzoni, 1974; Peña, 1974). Se requería la comprobación de 25 a 30 millones de toneladas de caliza, en la categoría de medidas, con un contenido mínimo en CaCO_3 del 80%.

Aspectos físicos

La expresión topográfica dada a los alrededores de la quebrada Ninayaco por las rocas intrusivas y por la caliza cristalina es abrupta y escarpada; el clima, muy lluvioso, ha favorecido el crecimiento de una densa vegetación arbórea, acompañada de suelo espeso.

Geología local

La geología del área está conformada por rocas metamórficas, entre las cuales prevalecen esquistos filíticos sobre neises, con intercalaciones de calizas cristalinas, cruzados por dioritas. Actualmente, hay tendencia a considerar estas rocas metamórficas como del Paleozoico inferior o hasta del Prepaleozoico, las cuales resultaron luego afectadas por la intrusión de un magma diorítico probablemente del Jurásico medio a superior. El Cretácico inferior a medio del Valle Superior del Magdalena cubre tales rocas en discordancia angular, según se observa en afloramientos sobre la carretera que se dirige de San Francisco a Mocoa.

El resultado de estos sucesos geológicos es la ocurrencia de pequeñas masas calcáreas de forma irregular, englobadas dentro de pórfidos dioríticos. El esquema de estas calizas cristalinas, se presenta en la figura 22, donde se puede observar en planta, la forma de dos niveles calcáreos englobados.

En el trabajo citado (Peña & Renzoni, 1974) se concluyó que únicamente existen en el área los niveles calcáreos señalados, extraíbles por métodos subterráneos, con doce millones de toneladas de recursos en la categoría de inferidos, cifra insuficiente para el objetivo buscado por lo cual no se continuó con la exploración iniciada. El tonelaje citado deriva, en efecto, de la suma de los volúmenes ofrecidos por los siete niveles encontrados, compuestos por caliza cristalina extraíble únicamente por métodos subterráneos (Peña & Renzoni, 1974).

En el mapa 430-Mocoa se señala la ocurrencia de mármol en la unidad Pzale, ubicado un kilómetro al norte del río Mocoa; es probable que se trate de los afloramientos descritos como área calcárea de Ninayaco.

Minería

La información recolectada es insuficiente y no se dispone de datos actualizados, que permitan ampliar el conocimiento sobre la geología de Ninayaco y dar un diagnóstico técnico minero, sobre esta área.

Margen izquierdo de la quebrada Ninayaco

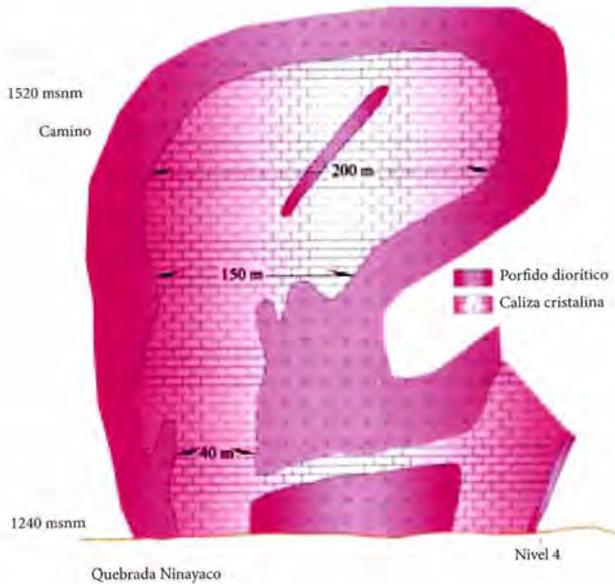


Figura 22. Forma de dos de los niveles que constituyen el depósito calcáreo de Ninayaco.

Fuente: Peña & Renzoni, 1974, figura 3.

En la desembocadura de la quebrada Tortuga, se observó la ocurrencia de otra masa calcárea, como también en el área que separa la quebrada Ninayaco de la localidad de Pompeya, localizada en el kilómetro 120 de la carretera Pasto-San Francisco-Mocoa, donde aflora una gran masa calcárea, continua, maciza, explotable a cielo abierto, visible como conjunto también en fotos aéreas (Peña & Renzoni, 1974); no obstante, no se evaluó este depósito principalmente, porque se inició la construcción de una fábrica de cemento en Ecuador, que disminuyó el interés económico inicial al proyecto colombiano.

Es primordial y recomendable que el Servicio Geológico Colombiano conduzca una campaña de exploración para confirmar la ocurrencia de este conjunto calcáreo entre la carretera a Mocoa y la quebrada Ninayaco.

Área calcárea 102 San Francisco

Localización

El depósito está ubicado en la localidad de San Francisco (figura 23), donde ocurre una sucesión lodolítica; se observa en los cerros de El Peñasco, en el costado oriental del Valle de Sibundoy, cruzado en el kilómetro 74 por la carretera que de Pasto conduce a Mocoa (Peña, 1974, p. 7).

La altura del depósito varía entre 2200 y 2650 msnm, el relieve del terreno es abrupto y estrechamente relacionado con las estructuras geológicas. El área es drenada por varias quebradas, que vierten sus aguas al río Putumayo; el clima es frío y húmedo, y la precipitación promedio es de 2164 mm.

Antecedentes

El depósito lo estudió en un primer momento, en 1952, la Zona Minera de Pasto, con el fin de producir cal agrícola, y nuevamente, en 1965, como fuente para suministrar cemento, pero se le confirió carácter lenticular al depósito de mármol y caliza, definiéndola de "calidad inapropiada, por sí sola, para la fabricación de cemento" (Manjarrés, 1965). Posteriormente, se afirmó que en este conjunto de lodolitas calcáreas y calizas sólo estas últimas tenían un porcentaje aceptable de carbonato de calcio (Mutis & Renzoni, 1966). En 1985 el Ingeominas firmó un convenio con Corponariño para realizar el estudio geológico exploratorio de minerales no metálicos, en la intendencia de Putumayo, áreas de San Francisco y Mocoa (Alfonso & Orrego, 1987).

Geología

La geología de este depósito, limitada a los niveles calcáreos, es una sucesión de lodolitas calcáreas y calizas. Una corta secuencia de conglomerado lítico cubierto por arenitas de cuarzo (Formación Caballos) descansa sobre granodioritas y dioritas antes citadas y sobre la secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias de la Formación Saldaña. Estas rocas constituyen la base de la sucesión cretácica inferior a media del Valle Superior del Magdalena, dentro de la cual ocurren las capas de interés (Peña, 1974, pp. 10-11).

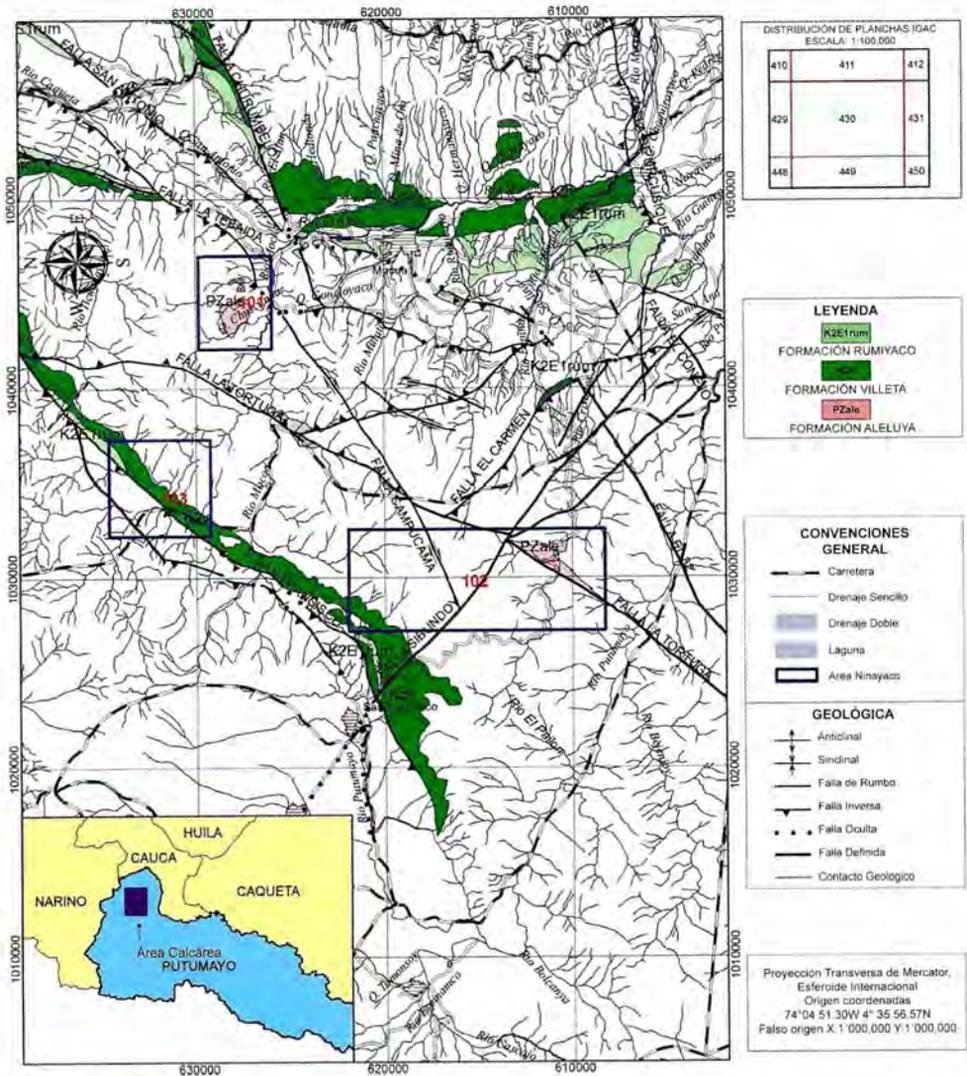


Figura 23. Localización de las áreas calcáreas de Ninayaco (101), San Francisco (102) y Titango (103).

Fuente: Ingeominas, mapa 403.

A esta sucesión pertenecen las lodolitas calcáreas negras con intercalaciones lenticulares de caliza, que afloran en el sector de El Peñasco. Un poco más alto es el conjunto de calizas lenticulares y lodolitas calcáreas, denominado El Caracol, que se extiende hasta Titango. Las capas sedimentarias tienen un rumbo N-NE y buzamientos al oeste. En algunos lugares, como

en las quebradas Ordóñez y Solteroyaco, el espesor del nivel calcáreo se duplica, lo que sugiere que el afloramiento pertenezca al núcleo de un pliegue invertido. Por el río Putumayo corre la falla de San Francisco, mientras que la falla San Pedro marca el contacto entre la granodiorita jurásica y las rocas sedimentarias del Cretácico. Más adelante se presenta la versión actualizada de la geología del lugar, igual a la anteriormente descrita (figura 23); esta unidad se denomina aquí Formación Villeta (KV₂) del Albiano-Cenomanismo.

El resultado de estos sucesos geológicos es la ocurrencia de un conjunto calcáreo, de 2,5 kilómetros de longitud, cuyas capas presentan dirección entre N 10° E y N 72° E y buzamientos entre 45° y 80° al NW. Las unidades calcáreas varían en composición tanto a lo largo del rumbo como en la vertical. De acuerdo con las características litológicas y químicas del conjunto se reconocieron aquí dos sectores, denominados bloques en el informe original: bloque 1 El Peñasco y bloque 2.

Bloque 1 El Peñasco. Tiene una longitud de 600 metros con alturas topográficas que varían entre 2200 y 2450 msnm. Se ejecutaron cinco trincheras y un túnel de exploración; en dos trincheras (P4 y P5) se hallaron numerosas complicaciones estructurales, lo cual motivó la construcción de un túnel en las cercanías para encontrar una zona tectónicamente más tranquila, cortándose el conjunto calcáreo a los 30 metros de la bocamina. En este sector, el espesor del conjunto varía entre 18 y 35 metros, y su promedio es de 22,35 metros. Está compuesto por capas de lutitas calcáreas negras, capas lenticulares de caliza negra y lutitas, con concreciones calcáreas (Peña, 1974, p. 15).

Calidad

La lenticularidad de las capas ocasiona grandes variaciones en su espesor, litología y calidad. En este sector se recogieron 64 muestras, distribuidas en cuatro perfiles (P). No se informa la lista de sus análisis, porque falta una columna estratigráfica con el espesor de cada muestra. En el informe se afirma que el tenor promedio máximo de CaCO₃ (80,19%) se obtuvo en el perfil P2 y el mínimo (66,29%) en el perfil o túnel P6, y el tenor promedio para todo el sector de 72,46% en CaCO₃. En cuanto a la sílice, el contenido máximo promedio de SiO₂ es de 27,67% en el perfil P1, el mínimo promedio es de 15,29% en el perfil P2; el tenor promedio de sílice para todo el bloque es de 20,17% (Peña, 1974, pp. 13-16). Su contenido está en relación indirecta con el contenido en CaCO₃.

Recursos y reservas

Los datos de reservas se dan en la categoría de indicadas (probables en el informe original); el cálculo se realizó mediante la semejanza del sector a dos triángulos, uno de los cuales corresponde a los perfiles P1, P2 y P3, y el otro a los perfiles P3 y P6 o túnel. Las dimensiones son 250 metros y 350 metros de base, 120-170 metros de cuelga o altura, en tanto que el espesor promedio es de 22,35 metros (Peña, 1974, p. 17) (tabla 16):

Tabla 16. Cálculo de reservas del bloque 1 El Peñasco

Dimensiones (m)	Densidad	Toneladas
250 x 120 x 22,35	2,5	838.125
350 x 170 x 22,35	2,5	1.662.281
Total reservas indicadas		2.500.406

Fuente: Peña, 1974.

Bloque 2. Está localizado al sur del bloque 1; tiene una longitud de 1.800 metros, entre el punto P6 y la quebrada Solteroyaco. El conjunto presente está constituido por lutitas calcáreas, calizas lutíticas y lutitas con concreciones calcáreas; su espesor varía entre 16,60 y 50,34 metros. El contenido de CaCO_3 varía entre 49,31 y 65,80%, siendo el promedio 54,13%; el promedio de sílice para todo el bloque es de 30,79%.

Las reservas calculadas y el tenor no garantizan la cantidad y calidad necesarias para una planta de cemento, ya que según el informe (Peña, 1974, p. 20), aunque se mezclara con caliza o con caliza cristalina de alto contenido en CaCO_3 , sería insuficiente para una producción mayor de 400 toneladas diarias de cemento durante 20 años; con todo, se puede considerar su aprovechamiento como fuente de cal agrícola para el mercado local.

Minería

La minería no cuenta con ningún sistema técnico racional de explotación y se encuentra en ilegalidad; sólo se aprovecha el material desprendido y transportado por las quebradas (rodados) en sus partes altas y depositadas en las partes topográficamente bajas, seleccionado, reducido en tamaño en forma manual y llevado a los 18 hornos de calcinación, en los cuales utilizan leña como combustible. La cal producida se usa para fines agrícolas.

La empresa Mármol del Putumayo es la única que tiene licencia de explotación y cuenta con un sistema que utiliza perforaciones con barrenos de una pulgada y profundidad de un metro, las cuales se ejecutan consecutivamente y se cargan con material no explosivo, tipo cemento expansivo como agente de corte, para producir bloques de mármol de 1 x 1 x 2 metros; los bloques cortados y pulidos se llevan a Pasto para su comercialización como piedra ornamental.

Área calcárea 103 Titango

Localización

El depósito está localizado en la localidad de Titango (figura 23), en las colinas de Cueva Santa, a orillas del río Titango, donde también ocurre una sucesión lodolítica y calcárea (Peña, 1974, p. 18); las alturas fluctúan entre 1600 y 1750 msnm. El depósito se sitúa por el río Titango, que, después de la confluencia con el río Patayaco, conforma el río Mocoa. El clima del área es templado y muy húmedo; la precipitación alcanza un promedio entre los 3000 y los 4000 milímetros anuales.

Antecedentes

En 1974, el Ministerio de Obras Públicas realizó el trazado para una nueva carretera entre San Francisco y Mocoa, que cortó el depósito calcáreo de Titango en el kilómetro 34.

En este lugar, el trabajo consistió en hacer una trocha longitudinal para luego construir trincheras transversales a la trocha, reuniendo diez sitios de información o perfiles; en cada uno de ellos, localizado en un plano topográfico levantado por la zona minera de Pasto, se hizo una descripción litológica del nivel calcáreo y se midieron su espesor, rumbo y buzamiento.

Geología

En esta región aparece la misma sucesión estratigráfica de San Francisco, correspondiente a la Formación Villeta. El conjunto está constituido por calizas silíceas lenticulares, lutitas calcáreas negras con concreciones de caliza, lutitas negras y capas silíceas. El espesor promedio del conjunto calcáreo es de 40 metros. En los perfiles se nota el fenómeno del acuñamiento de los estratos; la estructura es un monoclinial que buza hacia el occidente (Peña, 1974, p. 18).

Calidad

El contenido promedio de CaCO_3 por perfil varía entre 33,06 y 63,41%, y el valor promedio para todo el depósito es de 48,27%. En cuanto a la sílice, sus valores promedio por perfil están comprendidos entre 13,91 y 39,06%, y el tenor promedio de sílice para todo el depósito es de 25,35%.

En conclusión, el depósito de Titango y la parte restante de San Francisco no son aptos para la fabricación de cemento, por su bajo contenido en carbonato de calcio, su alto contenido en sílice y el acuñaamiento de las capas. Puede servir para uso agrícola.

Para explorar la posibilidad de hallar en la zona materia prima calcárea apta para producir cemento gris, es necesario estudiar el depósito calcáreo que se extiende desde el suroeste de Ninayaco hasta Pompeya.

Potencial y perspectivas

Recursos y reservas

El potencial de la zona calcárea 1 del Putumayo es de doce millones de toneladas en la categoría de recursos inferidos. Pese a la ubicación de esta caliza, el excelente potencial existente en el área calcárea 101 y su buena calidad, ésta no podía satisfacer las necesidades de la materia prima para la producción de cemento, que fue el motivo principal –y único– para el desarrollo del proyecto. Este último sigue ligado a la producción de cemento para satisfacer los mercados del sur de Colombia y del norte de Ecuador.

En cuanto a las calizas de San Francisco y de Titango, tales depósitos son lenticulares y de baja calidad, si se considera que el contenido máximo en CaCO_3 no supera el 80,19% en el bloque 1 de San Francisco, el 65,80% en el bloque 2 de San Francisco y el 63,41% en Titango.

La posibilidad de hallar recursos calcáreos para establecer una fábrica de cemento es la realización inicial de una evaluación preliminar a los depósitos calcáreos localizados entre Pompeya y Ninayaco.

Zona calcárea 2 Meta

La zona calcárea 102 (figura 20, zona 2) se encuentra localizada en su totalidad dentro de los límites del departamento de Meta, ubicado al nororiente del país.

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Meta está situado en la parte centrooriental del país, en la región de la Orinoquia; limita por el norte con los departamentos de Cundinamarca y Casanare; al sur, con Caquetá y Guaviare; al oriente, con el departamento del Vichada, y al occidente, con Huila y Bogotá, Distrito Capital (figura 24); cuenta con una superficie de 85.635 km², lo que representa el 7,5% del territorio nacional.

La vía al Llano es una autopista que une a Villavicencio, su capital, con la ciudad de Bogotá; un bajo porcentaje de la red vial del departamento está de regulares condiciones de trazado y diseño, pero permite un rápido transporte de pasajeros y carga desde Granada, localizada al centrooccidente del departamento, Puerto López, en el nororiente, y Restrepo, en el noroccidente, hacia las ciudades de Villavicencio y Bogotá.

La vía Villavicencio-Puerto López-Puerto Carreño se encuentra pavimentada hasta Puerto López; la carretera Marginal de la Selva permite la comunicación de toda el área del piedemonte, pero aun es una carretera de bajas especificaciones y con largos tramos sin pavimentar.

El Meta pertenece a la intendencia fluvial del Orinoco y sus principales puertos son Puerto López y Puerto Gaitán; a través de éstos se movilizan gran cantidad de pasajeros y de carga. El Meta cuenta, además, con el aeropuerto nacional Vanguardia, ubicado en Villavicencio y once aeródromos de influencia regional.

Aspectos físicos

El territorio departamental está formado por tres grandes regiones fisiográficas. La primera, localizada al occidente del departamento, constituye la parte montañosa, representada por el flanco oeste de la cordillera Oriental con alturas que alcanzan los 4000 metros sobre el nivel del mar y en límites con los departamentos de Caquetá, Huila y Cundinamarca; el piedemonte, o área de transición entre la cordillera, la llanura y la serranía de la Macarena, está ubicado en forma casi perpendicular a la cordillera Oriental.

La segunda unidad fisiográfica es la planicie –sector casi plano, con alturas que no sobrepasan los 200 msnm– situada al centro y oriente del departamento.

La tercera unidad fisiográfica corresponde a la zona sur del departamento y cubre alrededor del 60% de su territorio.

Su fisiografía varía desde las tierras de páramo y laderas de la cordillera Oriental, hasta las vegas y planicies cálidas de los ríos Ariari y Guaviare. Allí confluyen grandes áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: páramo de Sumapaz, cordillera de los Picachos, Tinigua y serranía de la Macarena; comprende además los paisajes de altillanura con vegetación de sabana y bosque primario.

Aspectos ambientales y sociales

En el departamento de Meta se reconocen y establecen cinco parques nacionales naturales, entre los cuales sobresalen el de Sumapaz, Chingaza y La Macarena; otros sitios de interés paisajísticos son los ríos Yucao, Meta y Manacacías. Más de 4,5 millones de hectáreas sembradas de pastos y grandes producciones de porcinos, bovinos y aves son muestra de la actividad agropecuaria de esta región.

En relación con la cobertura en la prestación de los servicios públicos, este departamento se destaca a nivel nacional, ya que el acueducto llega al 78,6%, alcantarillado al 78,8%, energía eléctrica al 91,6% y telefonía fija al 47,3% (Igac, 2008, p. 542). La explotación de petróleo y gas es la principal actividad económica del departamento. En el 2007 produjo cerca de 73.300 barriles de petróleo por día. Por otra parte, la ganadería, la agricultura y el comercio fortalecen la actividad productiva del departamento.

Áreas calcáreas

Basados en los aspectos geológicos y geomorfológicos, como la sucesión litoestratigráfica, la calidad de capas de caliza en ella reconocidas y su exposición, se han definido dos áreas calcáreas denominadas y codificadas de la siguiente manera (figura 24):

- Área calcárea 201 La Cal
- Área calcárea 202 El Dorado

Área calcárea 201 La Cal

Localización

El depósito de caliza cristalina está localizado en vecindades de San Martín, sobre la margen derecha del río Ariari, en la base de las estribaciones de la cordillera Oriental, 20 kilómetros al oeste de la localidad y a 90 kilómetros al S 20° W desde Villavicencio. Se extiende entre el río Cumaral al norte y el río La Cal al sur (figura 25).

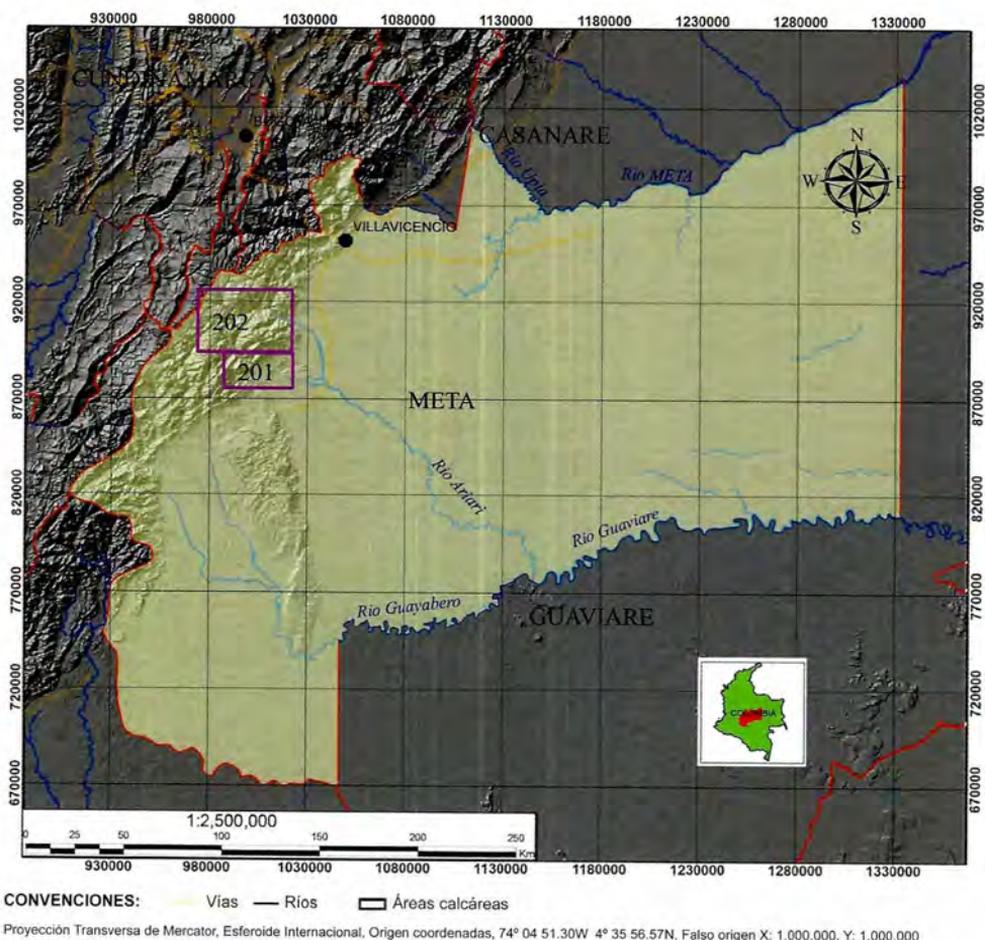


Figura 24. Mapa de localización de la zona calcárea 102 Meta y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Inggeominas.

Aspectos físicos

En el área se distinguen tres zonas morfológicas: la llanura aluvial de los Llanos Orientales, las terrazas cuaternarias y la cordillera. La altura de la llanura es de 450 msnm y aumenta en dirección a la cordillera, donde se tienen elevaciones siempre más acentuadas. La temperatura promedio es de 25° 7', el clima es húmedo; la vegetación, selvática, y el relieve del terreno, abrupto.

Geología

La geología del depósito consiste en una "secuencia metasedimentaria, producto de metamorfismo regional moderado, con espesor aproximado de 950 metros, de probable edad Paleozoica" (Ujueta, 1964, p. 52). En la parte inferior de la secuencia se encuentra una sucesión de calizas cristalinas, que se extiende desde el río La Cal en el sur (figura 26), donde mide 270 metros, hasta el río Cumaral en el norte, donde mide 180 metros.

La sucesión calcárea está cubierta por una espesa sucesión de anfibolitas (del nivel de paraanfibolitas), de esquistos sericítico-grafíticos intercalados por calizas cristalinas, rocas filíticas esquistosas intercaladas por calizas metamórficas y, en la parte más alta examinada, filitas carbonosas (Ujueta, 1964, p. 59, figura 2). No es posible observar el yacente de la caliza cristalina, porque la gran falla (sin nombre), que la limita hacia el oriente contra el Terciario (Mioceno), impide observar su espesor completo. En el mapa 1:500.000 de Servicio Geológico Colombiano, denominado 5-14, se da el nombre de Cambro-Ordovícico a esta unidad metasedimentaria.

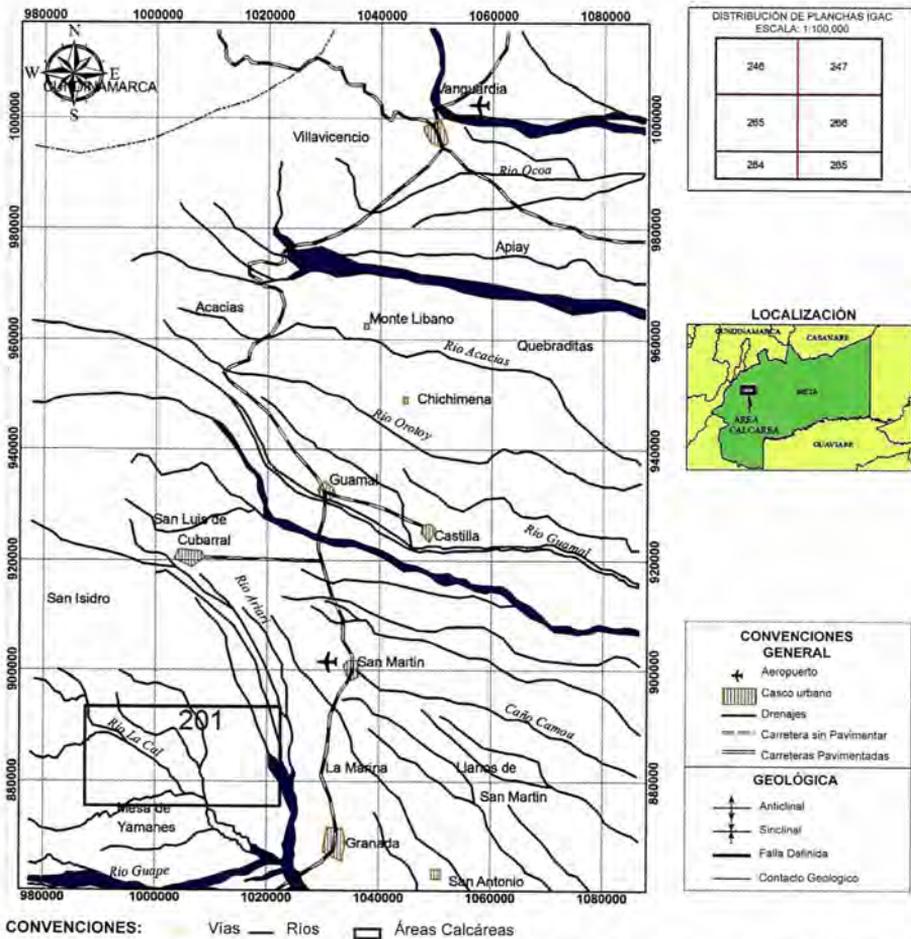
Antecedentes

Este depósito se estudió por solicitud de la Secretaría de Agricultura y Ganadería del departamento del Meta, como colaboración al programa que tiene por objeto la obtención de materiales útiles para mejorar los suelos muy ácidos del departamento.

La variación en espesor del conjunto se observa en una faja que cubre siete kilómetros de longitud. Más exactamente, se ha visto entre caño Rieca y caño Ripio, muy bien expuesta y formando "prominentes afloramientos". Las rocas calcáreas están formadas por capas delgadas de caliza y caliza dolomítica metamorfoseada, de entre ocho y diez centímetros de espesor, de color gris claro hasta negro.

Calidad

El material cartografiado como caliza cristalina es uniforme, alto en contenido de calcio y localmente elevado en contenido de magnesio; la gran mayoría de las muestras da un porcentaje promedio de 95% en carbonatos. Los estratos de caliza dolomítica, de gran extensión y uniformidad lateral, que yacen normalmente entre lechos de caliza, se atribuyen por lo general a una precipitación original o al remplazamiento sobre el fondo del mar (Ujueta, 1964, p. 64). Más adelante se presenta el resultado de los análisis químicos (tabla 18).



Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04' 51.30W 4° 35' 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 25. Localización del área calcárea 201 La Cal.

Fuente: Ingeominas.

Así las cosas, de acuerdo con los análisis químicos de 38 muestras, tomadas en tres secciones diferentes sobre los caños Rieca, Embarrado y La Cristalina, con espaciamento de 40 metros, éstos son los materiales de interés económico presentes en el área calcárea 201 (tabla 29). “Estas calizas son apropiadas para la industria metalúrgica, para corregir suelos ácidos, para corregir la capa cultivable del suelo, para suplir los nutrientes esenciales a las plantas. Otro uso muy importante es su empleo en la estabilización de las bases y subbases de las carreteras, porque esta caliza es muy efectiva en

suelos arcillosos al reducir la plasticidad, la contracción y las características hinchantes” (Ujueta, 1964, pp. 64-65); estas últimas presentan contenido en CaMg (CO₃)₂ superior al 35%.

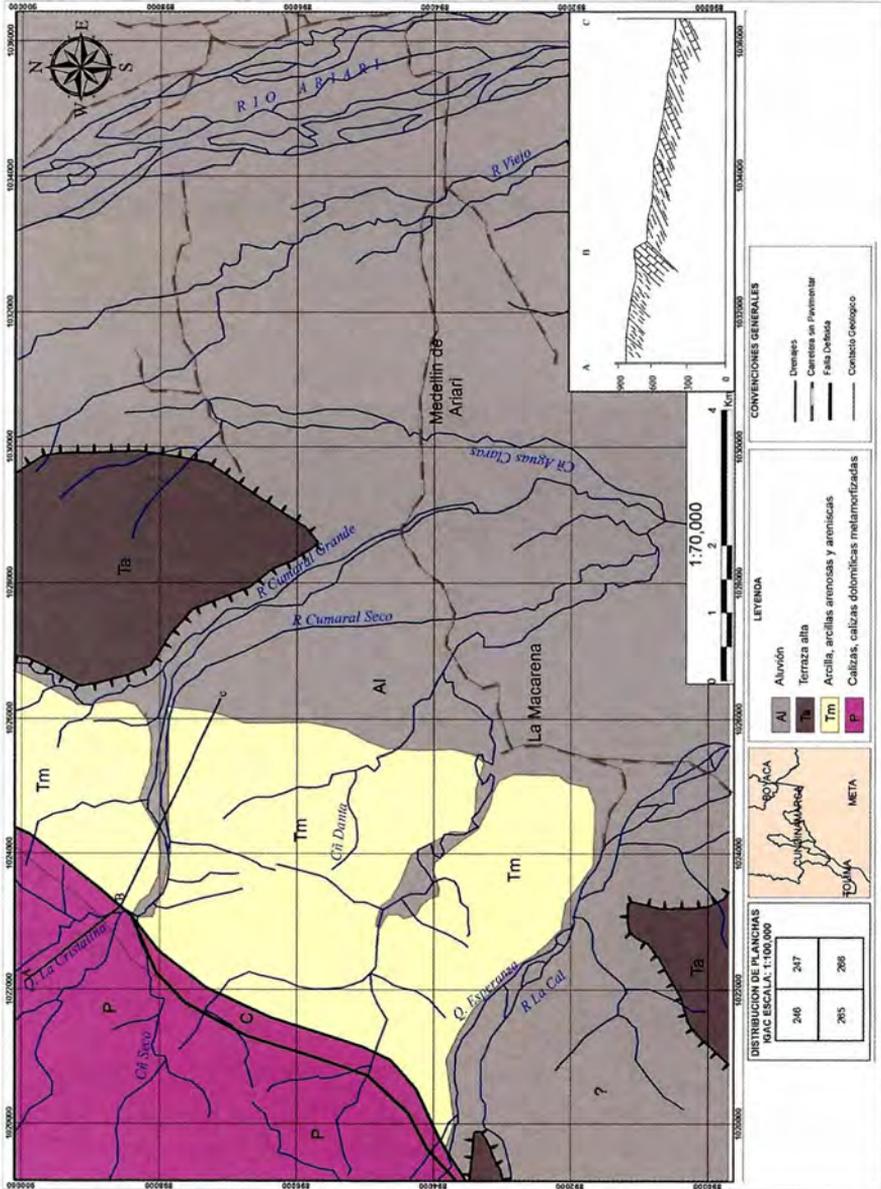


Figura 26. Mapa geológico y sección estructural en el área comprendida entre los ríos Cumaral y La Cal.

Fuente: Ingeominas (Modificado de Ujueta, 1964, figura 3).

Recursos y reservas

Los depósitos alcanzan un espesor promedio de 225 metros, la altura promedio de exposición sobre el perfil de terreno es de 100 metros (es decir, un ancho promedio de exposición), obtenidos “sobre un largo de siete kilómetros” (Ujueta, 1964). Tales cifras permiten calcular una reserva inferida cercana a 400 millones de toneladas (tabla 17), así:

Tabla 17. Reservas inferidas del área calcárea La Cal

Dimensiones (M)	Densidad	Toneladas
100 x 225 x 7000	2,5	393.750.000

Fuente: Ujueta, 1964, p. 65.

Tabla 18. Análisis químicos del área calcárea 201 La Cal

Análisis químicos área La Cal, Meta						
Muestra Numero	Residuo Insoluble HCL (%)	R ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	CaCO ₃ (%)	MgO (%)	MgO ₃ (%)
GU-202	4,66	0,8	51,16	91,31	1,41	2,95
GU-203	2,94	0,34	34,2	61,04	16,78	35,1
GU-204	2,48	0,98	32,52	58,04	18,15	37,95
GU-205	3,12	0,82	33,36	59,54	17,22	36,01
GU-206	2,76	0,4	50,2	89,6	2,71	5,67
GU-207	1,84	0,62	35,06	62,58	16,43	34,37
GU-217	1,12	0,3	53,84	96,08	0,38	0,79
GU-218	0,94	0,4	54,64	97,58	0,38	0,79
GU-219	1,24	0,36	32,28	57,61	19,44	40,67
GU-220	2,86	0,44	53	94,58	0,43	0,89
GU-221	1,6	0,2	54,12	96,58	0,39	0,82
GU-222	2,98	0,2	47,66	85,06	5,37	11,23
GU-223	3,2	0,56	38,98	69,56	12,46	26,06
GU-224	1,24	0,32	52,44	93,58	1,8	3,76
GU-225	0,96	0,56	38,7	69,06	13,78	28,5

Continuación

GU-226	1,74	0,74	35,95	64,16	15,72	32,87
GU-227	1,04	0,26	54,55	97,35	0,22	0,45
GU-228	2,02	0,42	49,86	88,98	3,71	7,76
GU-230	4,34	1,04	35,95	64,16	14,35	30,02
GU-231	2,8	0,62	33,41	59,63	17,52	36,65
GU-232	2,74	0,7	33,35	59,52	17,52	36,65
GU-233	3,12	0,48	52,91	94,42	0,39	0,82
GU-234	4,92	0,76	51,45	92,71	0,28	0,58
GU-235	3,26	0,72	53,25	95,03	0,26	0,55
GU-236	3,54	1	33,07	59,02	17,27	36,13
GU-251	2,32	0,78	47,48	84,74	5,63	11,79
GU-252	8	1,08	47,94	85,55	2,28	4,77
GU-253	3,72	0,48	52,68	94,02	0,49	1,01
GU-254	1,7	0,62	36,69	65,47	15,13	31,64
GU-255	4,52	0,62	52,35	93,43	0,35	0,73
GU-256	2,04	0,78	46,68	76,17	9,82	20,53
GU-257	3,94	1,14	50,88	90,8	1,59	3,33
GU-258	4,6	0,88	52	92,8	0,73	1,53
GU-259	3,34	0,9	39	69,6	12,39	25,91
GU-260	3,76	0,84	50,88	90,8	2,01	4,2
GU-264	6,78	1,4	50,6	90,3	0,59	1,23
GU-265	3,28	0,68	32,79	58,72	17,68	36,97
GU-266	2,98	0,54	53,48	95,45	0,38	0,79

Fuente: Ujueta, 1964, p. 66.

Se debe considerar adicionalmente, para los usos que el autor original (Ujueta, 1964) da a estas calizas cristalinas, que el espaciamiento de 40 metros entre muestras no excluye que se puedan encontrar espesores de caliza cristalina sin magnesio y, por tanto, interesantes para su utilización en la industria del cemento.

Minería

La falta de mapas topográficos detallados sobre el depósito en examen impidió al autor original dar una opinión sobre el sistema más apropiado para extraer a tajo abierto esta caliza cristalina, pero actualmente se considera que el método de minería adecuado para la explotación del yacimiento es el de cielo abierto, mediante excavaciones tridimensionales por banqueo, en bancos descendentes, en combinación con minería de contorno.

Área calcárea 202 El Dorado

Localización

El área estudiada es el yacimiento de caliza cristalina situada en los alrededores del caserío El Dorado, municipio de San Luis de Cubarral, prolongación hacia el norte de la unidad calcárea La Cal. A este caserío se llega por la carretera Bogotá-Villavicencio-San Martín, y a la altura del kilómetro 10 entre Guamal y San Martín se desvía hacia el oeste, hasta San Luis, y luego hasta el sitio denominado El Cable; después se continúa por aproximadamente ocho kilómetros hasta llegar al yacimiento (figura 27). El área se delimita por las siguientes coordenadas: N: 905.000; S: 894.000; E: 1.026.000; W: 1.020.000.

Antecedentes

Noach Lasman y Jairo Cuevas estudiaron este depósito durante más o menos tres meses en el año 1969 por iniciativa del Instituto de Fomento industrial (IFI), dentro de su programa de prospección de materias primas para abonos. La región de los Llanos Orientales es un zona de gran futuro agrícola, por lo que se hizo indispensable prospectar depósitos calcáreos que se pudieran utilizar en la elaboración de cal agrícola, para neutralizar la alta acidez de los suelos.

Se procedió así a explorar al noreste del área calcárea 201 por aproximadamente cuatro kilómetros, entre caño Leche y caño Negro, donde se observó la terminación de la unidad calcárea contra una falla transversal.

El yacimiento forma un relieve abrupto en esta parte del oriente de la cordillera Oriental; todos los afloramientos se encuentran a una altura entre 750 metros (caño Leche) y 1000 metros en las capas más altas de caño Negro. Hacia el oriente del yacimiento el relieve es ondulado, hasta convertirse en los propios Llanos Orientales. Cerca de este depósito de caliza, al borde del río Ariari, la carretera tiene una altitud de 500 msnm.

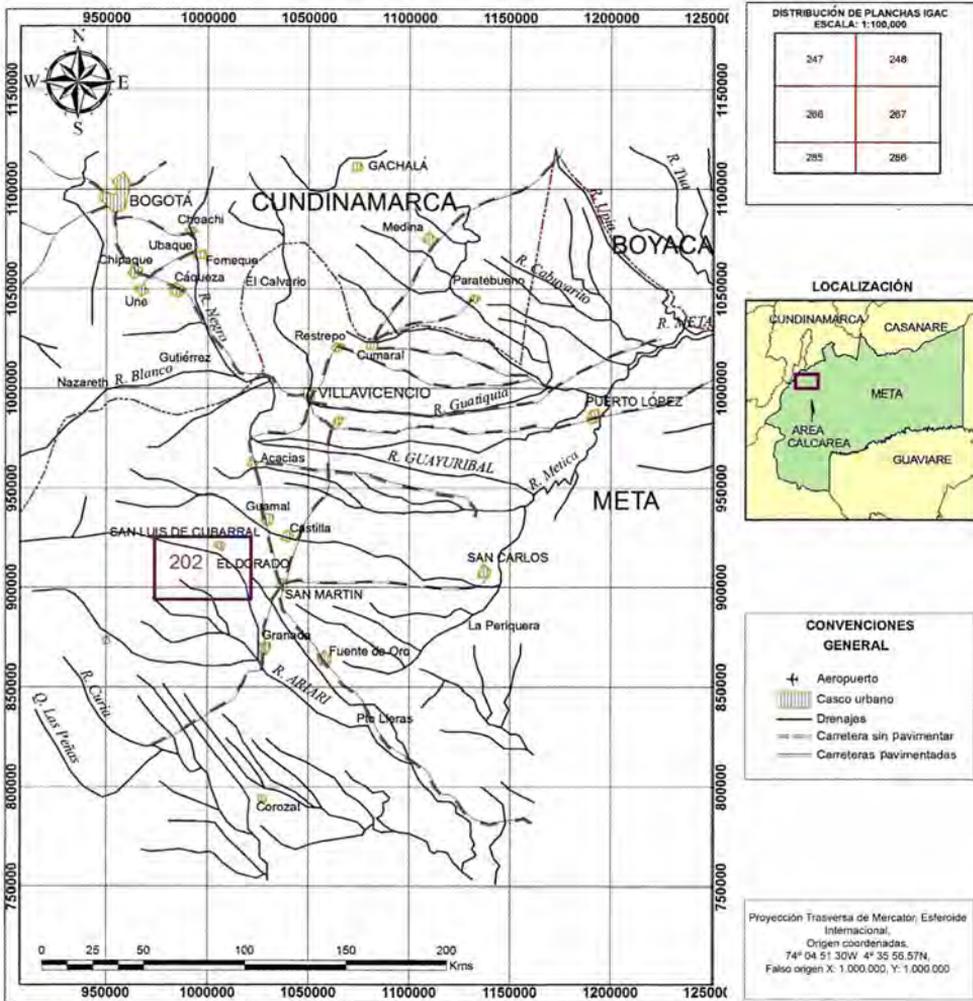


Figura 27. Localización del área calcárea 202 El Dorado.

Fuente: Ingeominas (Modificado de Ujueta, 1964, figura 3).

La región presenta buen drenaje debido a su ubicación en el piedemonte y la confluencia de los ríos Ariari y Tomoa. En la parte septentrional del yacimiento ocurren además pequeñas quebradas que lo seccionan en dirección este-oeste, para fluir luego al río Ariari. La vegetación depende de la topografía: arbustos y árboles no explotables hasta los 800 metros, y luego comino y cedro hasta los 1000 metros. El clima es tropical lluvioso con temperatura que varía entre 25 y 30 °C y con precipitación promedio anual de 4900 milímetros.

Geología

Las calizas cristalinas fueron el punto focal de la exploración. Al norte del río Uruime o Cumaral, éstas se encuentran cubiertas por esquistos silíceos negros y no por anfibolitas, esquistos sericíticos y delgadas filar carbonosas como al sur del río Cumaral. Son también del Cambro-Ordovícico (Ingeominas, mapa 5-14 a escala 1:500.000). Tienen un rumbo general N 30° E y buzamiento entre 35 y 55° al NW. La base de la caliza cristalina es marcada por una falla (sin nombre) que la superpone a arcillolitas rojas del Terciario (Lasman & Cuevas, 1969, p. 9).

El depósito tiene una longitud de cuatro kilómetros, para un total de once kilómetros si se une con la longitud de la anterior área calcárea (siete kilómetros). De este total sólo se prospectaron 1500 metros de la parte más septentrional y dentro de la Concesión IFI. Aquí el ancho observable del depósito calcáreo varía entre 300 y 400 metros, lo que permite calcular un espesor de 150 a 200 metros, sobre una diferencia de altura de 150 metros y un largo de 1500 metros (figura 28).

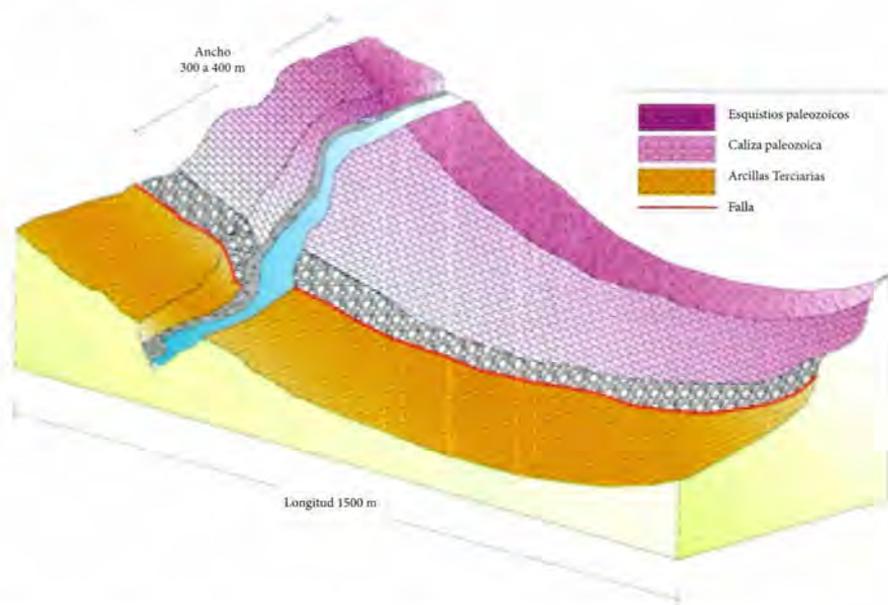


Figura 28. Bloque diagrama sobre el depósito de caliza cristalina de El Dorado.

Fuente: Lasman & Cuevas, 1969, p. 9.

Para la localización del depósito se utilizaron fotografías aéreas, ya que no se contó con un mapa topográfico adecuado para la época. Después de comprobar que la caliza cristalina era continua y constante entre caño Leche y caño Negro, distantes entre sí 1500 metros, se tomaron muestras en las dos localidades a una distancia topográfica de dos metros (figuras 29 y 30).

Recursos y reservas

El cálculo de reservas es aproximado porque se hizo sobre fotos aéreas (tabla 19).

Tabla 19. Recursos y reservas área El Dorado

Dimensiones (M)	Densidad	Toneladas
250 x 200 x 1500	2,6	195.000.000

Fuente: Lasman & Cuevas, 1969.

Los autores del informe calculan que las reservas inferidas superan los cien millones de toneladas de caliza, apta para cal agrícola (Lasman & Cuevas, 1969, p. 12).

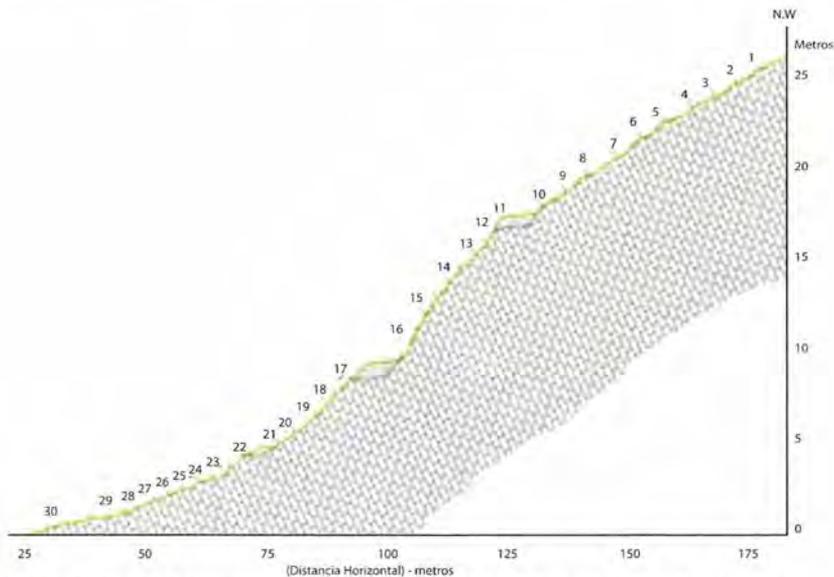


Figura 29. Localización de muestras en un perfil sobre la caliza cristalina de El Dorado.

Fuente: Lasman & Cuevas, 1969, p. 9.

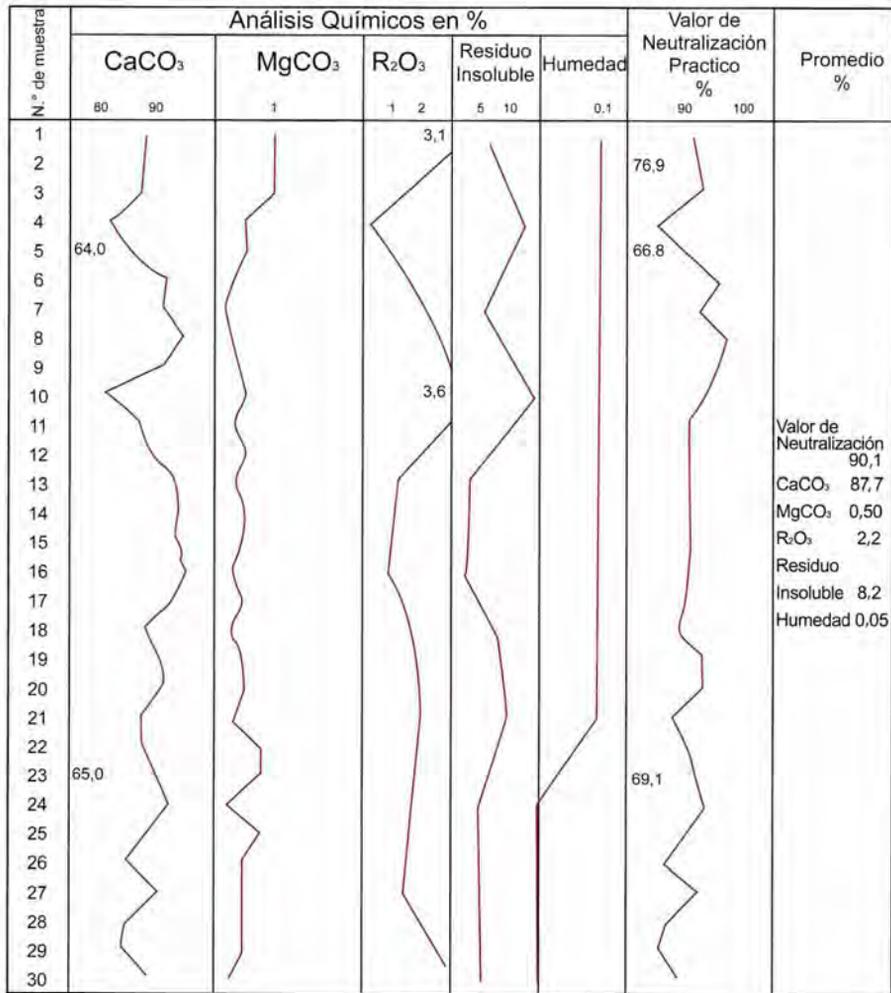


Figura 30. Análisis químicos en un perfil sobre la caliza cristalina de El Dorado.

Fuente: Lasman & Cuevas, 1969.

En el municipio de El Dorado, Alto Ariari, se realizó exploración mediante ejecución de siete perforaciones, y se comprobó un espesor superior a 180 metros de calizas cristalinas y calizas dolomíticas (contenido superior al 35% en CaMg(CO₃)₂ también cristalinas) (Ingeominas, 2010).

En el municipio de Acacias existe una planta de transformación para trituración, molienda, clasificación y empaque de cal viva, cal y dolomita agrícola; falta considerar su uso como materia prima para cemento.

Calidad

Los análisis químicos los efectuó el Instituto de Investigaciones Tecnológicas sobre 149 muestras (tabla 20). Como los carbonatos son los constituyentes más importantes de la caliza para uso agrícola, se practicaron dichos análisis en todas las muestras, mientras que humedad, R_2O_3 y residuo insoluble sólo se hicieron en una de tres muestras.

Se observa que el valor de neutralización alcanza el máximo afuera del área de IFI, con un promedio de 99,0% por el contenido en $MgCO_3$. En contraste con el contenido de $MgCO_3$, el contenido de $CaCO_3$ aumenta en la región del norte hasta un promedio de 93,8%.

Los análisis físicos practicados por la Universidad Nacional de Colombia sobre dos muestras de cinco kilogramos cada una dieron los siguientes resultados (Lasman & Cuevas, 1969, p. 14): porosidad promedio: 4,1%; densidad promedio: 2,6 g/cm³; desgaste: 28,0%; resistencia a la compresión inconfina: 12.250 lb/pulg².

Posteriormente se puede observar que el valor de neutralización de la caliza de El Dorado es superior a las otras calizas (tabla 21). Se destaca que los costos del transporte eran menores para el consumidor, pues una tonelada de $CaCO_3$ de El Dorado implicaba transportar 1,07 toneladas de caliza, mientras que para las otras calizas, blanca y agrícola, se necesitaban mover 1,17 o 1,28 toneladas, respectivamente.

Tabla 20. Comparación entre análisis químicos de la quebrada Rieca y los caños Leche y Negro

Porcentaje %	Región Sur		Región Norte			
	Quebrada Rieca		Caño Leche		Caño Negro	
	12 muestras		30 muestras		105 muestras	
	Rango	Prom.	Rango	Prom.	Rango	Prom.
$CaCO_3$	55,3 - 80,7	65	64,0 - 95,0	87,7	80,0 - 98,0	93,8
$MgCO_3$	10,0 - 40,1	28,6	0,2 - 1,0	0,5	0,1 - 12,0	0,9
Valor de Neutralización	92,6 - 102,9	99,1	69,1 - 96,5	90,1	83,5 - 98,5	94,3
R_2O_3	0,5 - 1,5	1	0,2 - 3,8	2,2	0,9 - 14,4	2,2
Humedad	0,1 - 0,3	0,2	0,0 - 0,1	0,1	0,0 - 0,4	0,1
Residuos insolubles	1,3 - 5,1	3,5	3,4 - 14,6	8,2	1,5 - 13,0	3,9

Fuente: Lasman & Cuevas, 1969.

Tabla 21. Comparación entre la caliza de El Dorado y otras cales

Porcentaje (%)	Cal Blanca (1) (Cal Apagada)	Cal Agrícola (2) (Caliza Molida)	Caliza de (3) El Dorado	Peso de Caliza Peso CaCO ₃
Humedad	2,1	0,5		
Pérdidas por calcinación	28,3	35,6		(1) - 1,17
Residuo insoluble	11,1	15,2		(2) - 1,28
R ₂ O ₃	8	3,2		(3) - 1,07
CaO	44,2	40		
Valor de Neutralización	85,3	77,6	93	

Fuente: Lasman & Cuevas, 1969.

Potencial y perspectivas

De las dos áreas calcáreas individualizadas en la región, la de La Cal está en explotación parcial para proveer al mercado llanero de cal viva, cal agrícola y cal dolomítica. Por la forma tan abierta del muestreo inicial, no se descarta que puedan existir reservas de materia prima para cemento; por el momento se han calculado reservas inferidas de 400 millones de toneladas. La explotación es por minería a cielo abierto mediante bancos descendentes.

En cuanto al depósito del área calcárea de El Dorado, los análisis químicos indican materia prima de buena calidad para cal agrícola. Se calculó una reserva inferida de cien millones de toneladas, con un promedio en CaCO₃ que en la zona septentrional sube al 93,8%.

Zona calcárea 3 Cundinamarca

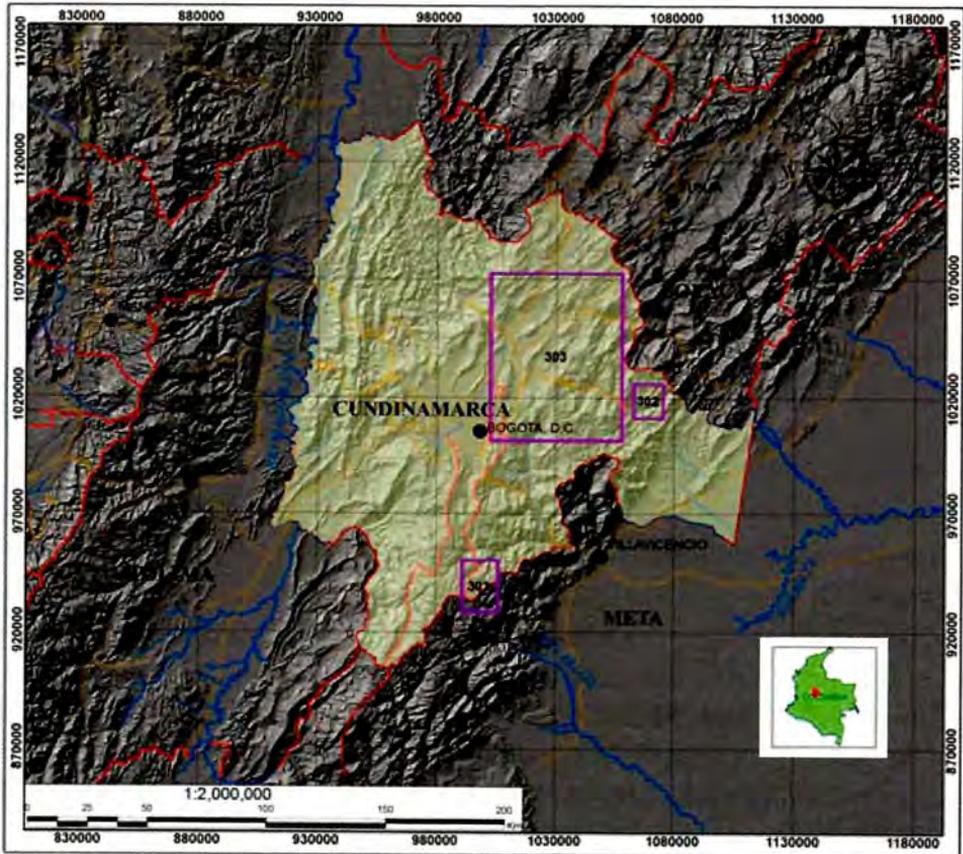
Esta zona corresponde al departamento de Cundinamarca, localizado en la región andina, en el centro de Colombia (figura 20, zona 3).

Localización, extensión, vías de acceso

Cundinamarca está localizada en el centro del país (figura 31); limita por el norte con el departamento de Boyacá; por el oriente, con los departamentos de Boyacá y Meta; por el sur, con Meta, Huila y Tolima, y por el

occidente, con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Tolima y Caldas. Tiene una extensión territorial de 24.210 km² (Atlas Igac, 2008, p. 443).

El departamento es atravesado por la red troncal nacional, que permite la comunicación de sus habitantes con la mayoría de las ciudades del país; además, existen numerosas vías secundarias que conectan las cabeceras municipales con su capital, Bogotá.



CONVENCIONES: — Vías — Ríos □ Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 31. Mapa de localización de la zona calcárea 3 Cundinamarca y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Aspectos físicos

El paisaje del departamento de Cundinamarca es esencialmente andino. En el aspecto morfológico, se pueden distinguir cuatro grandes conjuntos: piedemonte llanero, cordillera Oriental, altiplano cundiboyacense y valle del río Magdalena.

El piedemonte llanero, al extremo suroccidental, es una franja de transición entre la cordillera y las llanuras orientales, limitada al oeste por los farallones de Medina; tiene un clima cálido húmedo a muy húmedo y una cubierta vegetal en la que predominan los pastos y los cultivos tradicionales.

La cordillera Oriental, que se divide en dos sectores separados por el altiplano cundiboyacense, alcanza alturas superiores a los 4000 metros de elevación, como el cerro El Nevado (4560 metros), situado en el páramo de Sumapaz, el más grande del mundo (Igac, 2008, p. 444).

El altiplano cundiboyacense, en el centro, de clima frío y condición de humedad semihúmeda a semiárida, se extiende desde las estribaciones del páramo de Sumapaz, al sur, hasta los límites con el departamento de Boyacá, al norte.

El valle del río Magdalena, al occidente, tiene clima cálido semiárido a semihúmedo (Igac, 2008, p. 444).

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Cundinamarca cuenta con importantes sitios ecológicos, entre los cuales se destacan el Parque Nacional Natural Sumapaz, la laguna de Pedro Palo, el Bosque de Niebla, el salto de Tequendama, la laguna de Fúquene y la laguna de Guatavita.

La población total del departamento es de 2.280.037 habitantes, el 64% de los cuales conforma la población urbana y el 36% la población rural. En cuanto a cobertura de servicios públicos, el 81,1% tiene servicio de acueducto; el 65,8%, servicio de alcantarillado; el 95,9%, servicio de energía eléctrica; el 42,5%, servicio de telefonía fija, y el 25,8%, servicio de gas natural (Igac, 2008, p. 444).

Áreas calcáreas

En la zona calcárea 3 Cundinamarca se definen tres áreas calcáreas (figura 31) en relación con la posición geográfica, cronoestratigrafía y litoestratigrafía, además de las capas de caliza reconocidas y su exposición, así:

- Área calcárea 301 río Clarín

- Área calcárea 302 Guavio
- Área calcárea 303 oriente de Bogotá

Con el fin de tener presentes los recursos y reservas de esta materia prima, con sus calidades, se recurre a trabajos e investigaciones del Ingeominas (hoy Servicio Geológico Colombiano), tales como Wokittel (1953), Guerra (1972) y De la Espriella (1958), para el área del oriente de Bogotá.

Área calcárea 301 río Clarín

Localización

Esta área calcárea es un depósito de caliza localizado a unos 60 kilómetros al sur de Bogotá, en el páramo de Sumapaz; se llega por la carretera que conduce hacia Nazaret por la vía a la represa de La Regadera o por la carretera hasta Gutiérrez, vía Cáqueza y Fosca; de Nazaret y Gutiérrez hasta el depósito, no hay vías de acceso carretable. Para alcanzar la zona de la cueva del Cobre, lugar donde se observó la unidad calcárea, a 3600 metros de altura, se puede utilizar el recorrido que conduce por carretera hasta Nazaret; luego, un camino de herradura por selva hasta el alto del Zarpazo (3700 msnm); después, caminos del páramo hasta llegar a la región de la cueva del Cobre, y finalmente, cruzar los ríos Salitre y Gallo. El recorrido hasta llegar al páramo es abrupto, pero una vez alcanzado el páramo, la topografía se torna suave.

Aspectos físicos

En general, la topografía se distingue por las siguientes características: cumbres elevadas que alcanzan los 4500 metros y valles profundos, cortados en V. Es la cumbre de la cordillera Oriental en los alrededores de Bogotá, denominada páramo de Sumapaz, con una longitud de 80 kilómetros entre el embalse de Chisacá y el alto de las Oseras, y un ancho promedio de 25 kilómetros. El área está muy cerca de las fuentes del río Ariari y hacia el norte se encuentra el valle del río Clarín, un afluente del río Blanco.

En consecuencia, el clima es frío, con vientos y lloviznas persistentes (salvo entre diciembre y febrero); la vegetación es típica de páramo (gramíneas, espeletias), con arbustos y matorrales tupidos, apta para cultivos de papas y para levante de ganado, pero es una zona deshabitada por falta de carreteras y el desconocimiento de sus recursos (Wokittel, 1953, pp. 1-2).

Geología

La caliza se extiende al norte, sur y este de la cueva del Cobre; esto se observa en las planchas publicadas por Ingeominas, identificadas por los números 266 (Pulido et al., 1998) y 265 (Caicedo & Ulloa, 1999) (figura 32); en ambas planchas, los autores se refieren a una unidad constituida por limonitas y arenitas de cuarzo de color rojizo a verdoso, con lentes de arenita gruesa de cuarzo y de conglomerado, con un nivel calcáreo superior (Pzcg) que se extiende desde los ríos Gallo y Clarín en el norte, hasta la laguna Santa Teresa en el sur. Los separa un espacio de 270 kilómetros, interrumpido por 60 kilómetros en cercanías de los nacimientos del río Clarín.

En 1964, Renzoni, Stibane y Forero levantaron una columna litoestratigráfica (Renzoni, 1968, pp. 86-87, figura 2), la cual muestra una sucesión igual a la descrita por Wokittel, quien mencionó la posibilidad de aprovechar el recurso minero del conjunto calcáreo más alto, identificado con el número 6, que subyace bajo el conglomerado. La unidad contiene fósiles correspondientes al Carbonífero superior, como demostró Stibane.

Recursos y reservas

El recurso minero de caliza de esta área es el mayor que pueda existir, dentro del radio de actividades de Bogotá. Su capacidad se deduce de la extensión longitudinal, referenciada por Wokittel, correspondiente a 10 kilómetros que tiene la unidad calcárea. Su ancho se estimó en término medio de un kilómetro y el espesor de la unidad en mínimo 240 metros. De esta manera se puede calcular una cifra superior a mil millones de toneladas de caliza, muy superior al potencial del área calcárea del oriente de Bogotá, inferior a 20 millones de toneladas (Wokittel, 1953, pp. 7-8).

Minería

Se puede implementar la explotación de los bancos de caliza por minería a cielo abierto, al considerar que a la parte superior de la caliza sigue el buzamiento y no está cubierta por otro material.

Calidad

En cuanto a la calidad del material, los análisis químicos hechos sobre 22 muestras indican que la parte superior es dolomítica. En general, el porcentaje de CaCO_3 varía entre 62 y 95%, mientras la proporción de MgCO_3 es de 5 a 32% (Wokittel, 1953, p. 8).

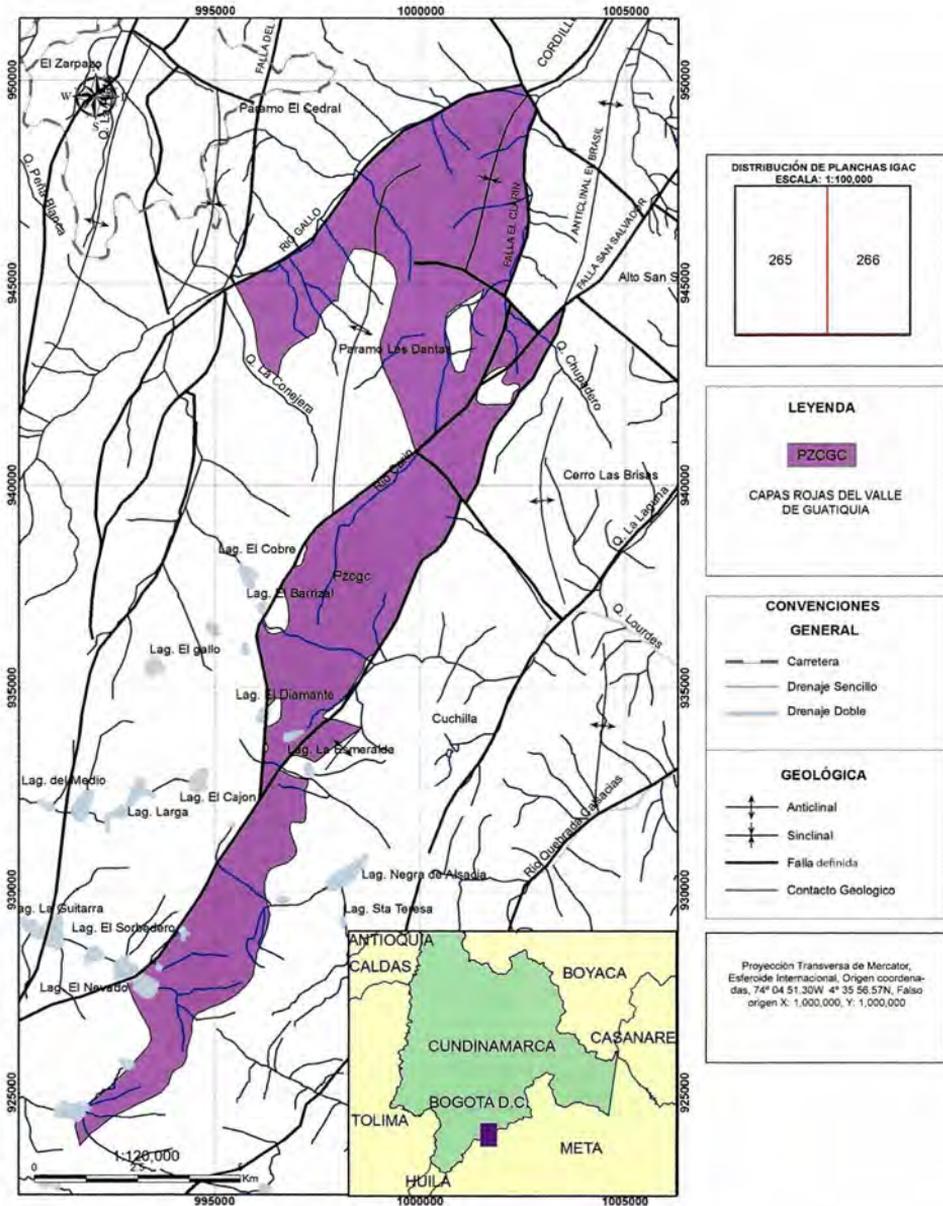


Figura 32. Geología del área calcárea 301 río Clarín.

Fuente: Ingeominas.

La muestra 7 (tabla 22) refleja la calidad más cercana al promedio aritmético; su contenido en CaCO_3 es de 82,69% y en MgCO_3 de 8,0%.

Tabla 22. Determinación del carbonato de calcio y de magnesio

Resultados del análisis			
Muestra	Número	CaCO ₃ %	MgCO ₃ %
24.097	1	62,00	28,71
24.098	2	61,68	29,06
24.099	3	90,00	8,69
24.100	4	84,84	9,25
24.101	5	73,62	31,63
24.102	6	63,34	27,25
24.103	7	82,69	8,08
24.104	8	93,58	4,77
24.105	9	94,80	6,03
24.106	10	91,06	5,66
24.107	11	91,56	3,23
24.108	12	89,12	5,72
24.109	13	65,04	30,94
24.110	14	87,02	7,78
24.111	15	70,72	27,08
24.112	16	69,30	29,38
24.113	17	88,72	5,86
24.114	18	63,65	27,87
24.115	19	62,44	27,98
24.116	20	87,04	17,59
24.117	21	71,92	32,04
24.118	22	73,02	31,80

Fuente: Wokittel, 1953, p. 8.

Esta caliza tiene probabilidad de utilizarse en la industria siderúrgica, después de realizar un intenso muestreo que indique dónde es rica en magnesio; en caso contrario, un contenido pobre en magnesio indica aprovechamiento en la industria del cemento. Puede usarse también como cal agrícola y como mármol, ya que es una caliza compacta, explotable a cielo abierto.

Área calcárea 302 Guavio

Localización

El área calcárea del Guavio es un depósito de caliza localizado en los municipios de Ubalá y Gachalá, situados al oriente de Bogotá (figura 33). Se accede a ella por la carretera que de Bogotá conduce a Gachetá-Ubalá-Gachalá, en una extensión de 120 kilómetros.

La región es predominantemente agrícola y ganadera, pero una parte de la población se dedica a la minería de yeso y esmeraldas.

La extensión de los afloramientos de caliza está limitada al norte por el río Negro y la quebrada San Isidro; al este, por la falla de San Fernando; al sur, por la falla del Fríjol, y al oeste, por la falla de Manizales. Para este estudio, que es parte de la investigación sistemática de los recursos minerales de la región del Guavio, se levantó la cartografía geológica detallada de 200 km², se tomaron muestras para análisis químicos y petrográficos, y se hizo un cálculo de reservas de caliza dentro de la categoría de inferidas (Guerra, 1972, pp. 1-4), aunque se prefiere considerarlas más bien recursos inferidos.

Geología

Dentro del área señalada se encuentran dos sucesiones que definen la geología del lugar: Devónico-Carbonífero, conformado por unidades de arenitas de cuarzo, limolitas de cuarzo y lodolitas de color gris verdoso, con un espesor total de 2000 metros, cubiertas en discordancia angular por conjuntos conglomeráticos, arcillolíticos y calcáreos del Titoniano-Cretácico inferior, que son de mayor interés para este estudio. Ambos conjuntos están cortados por las mismas fallas longitudinales. La sucesión cretácica corresponde al Grupo Cáqueza, que se ha subdividido en tres formaciones (Guerra, 1972, p. 15), así:

- Cáqueza inferior (Kci), dentro del cual se han reconocido y cartografiado tres miembros Kci₁, Kci₂, Kci₃, dentro del conjunto de las Calizas inferiores, y el Kci₄, perteneciente al conjunto de las Calizas superiores.
- Cáqueza medio (Km), sucesión monótona de arcillolitas y lodolitas negras.
- Cáqueza superior (Kcs), de arenitas de grano medio, ortocuarcíticas, con intercalaciones de lutitas.

- La Formación Cáqueza inferior contiene las calizas en los miembros Kci_2a y Kci_2c y en el nivel Kci_4 . Los miembros Kci_1 y Kci_3 sólo muestran esporádicas intercalaciones calcáreas y han sido descartados como concurrentes a las reservas de calizas.

El miembro Kci_1 es el conjunto basal y está conformado por un nivel de conglomerado, con guijos de cuarcitas, argilitas y filitas, cubierto por una secuencia de arcillolitas físilas, con espesores variables entre 150 y 500 metros.

El miembro Kci_2 es el conjunto suprayacente, de aproximadamente 450 metros de espesor, cartografiado en tres unidades. Las unidades inferior y superior, que corresponden a rocas calcáreas o contienen espesores calcáreos, están separadas por una tercera unidad arcillolítica, como sigue:

- El nivel Kci_2a es el miembro calcáreo inferior. En la sección entre Golpe de Agua hasta San Pedro, consta de 50 a 60 metros de esparita compacta, gris clara; el contenido en $CaCO_3$ es de 98%. Este nivel pierde importancia económica a partir del área de Mesitas hacia el NE (Guerra, 1979, p. 21).
- El nivel Kci_2b es el miembro suprayacente al anterior. Se calculó su espesor total en 400 metros y está constituido por más del 50% de arcillolitas y por algunas capas de calizas (micritas, biomicritas y bioesparitas). Hacia la parte media del nivel ocurren arenitas de cuarzo ferruginosas. A partir del área de Mesitas hacia el norte, este nivel cambia también a un predominio de arcillolitas negras.
- El nivel Kci_2c cubre la anterior unidad. Este nivel está constituido por un espesor de 120 metros de biomicrita negra. El contenido en $CaCO_3$ se estimó en 92%. Se controló su calidad con muestras colectadas en todas las direcciones y analizadas petrográficamente. Hacia el norte, se tomaron muestras cada dos metros, cuyos resultados se presentan más adelante (tabla 23).

De los resultados de estos análisis químicos se puede observar que el nivel Kci_2c mantiene entre 65 y 95% en $CaCO_3$ hasta el norte, en la quebrada San Isidro. Al norte del río Negro, las calizas cambian y pasan a arenitas arcillosas de cuarzo y arcillolitas (Guerra, 1972, p. 4). Las muestras IGM-16854 y IGM-16855 se recolectaron a dos kilómetros de separación entre ellas, y representan la caliza al sur de San Pedro; las muestras identificadas con los

números 16932, 16933 y 16934, junto con las de La Yeguera y La Jota, representan el nivel hasta el límite meridional (Falla del Frijol).

Tabla 23. Calidades de la caliza en el nivel Kci_{2c}

Número IGM	Localidad	Clasificación	Contenido CaCO ₃ %
16850	Filo Las Mercedes	Caliza biomicrita	92
16843	Quebrada Mesitas	Caliza micrita	86
16841	Vereda Los Gauchos	Caliza micrita	90
16809	Quebrada San Isidro	Caliza micrita	95
16839	Quebrada San Isidro	Caliza intramicrita	78
16854	Rio Guavio	Caliza micrita	90
16855	Quebrada San Pedro	Caliza micrita	86
16957	Quebrada Tena	Caliza micrita	82
16932	La Yeguera	Caliza micrita	94
16933	Quebrada Jota	Caliza micrita	94
16934	Quebrada Jota	Caliza micrita	95
16960	La Vega de San Juan	Caliza biomicrita	95
16961	La Vega de San Juan	Caliza biomicrita	88
16778	Quebrada El Gusano	Arenisca siderítica calcárea	15

Fuente: Guerra, 1979, p. 21.

El conjunto Kci₂, en el cerro de Malacara, descansa directamente sobre el Paleozoico; además, va enriqueciéndose con rocas siliciclásticas, hasta el punto de que el espesor de rocas calcáreas se reduce a 40 metros (Guerra, 1972, pp. 20-21).

El miembro Kci₃ consta en su mayoría de arcillolitas físilas negras, con escasas intercalaciones calcáreas; el espesor es de 250 metros.

El Kci₄ es el miembro superior de calizas y mide 120 metros de espesor; aflora claramente en Puente Mercedes, donde aparece como micrita. En San Pedro disminuye su espesor, pero aumenta su contenido en CaCO₃, que se mantiene en promedio en 90% en los 50 metros superiores.

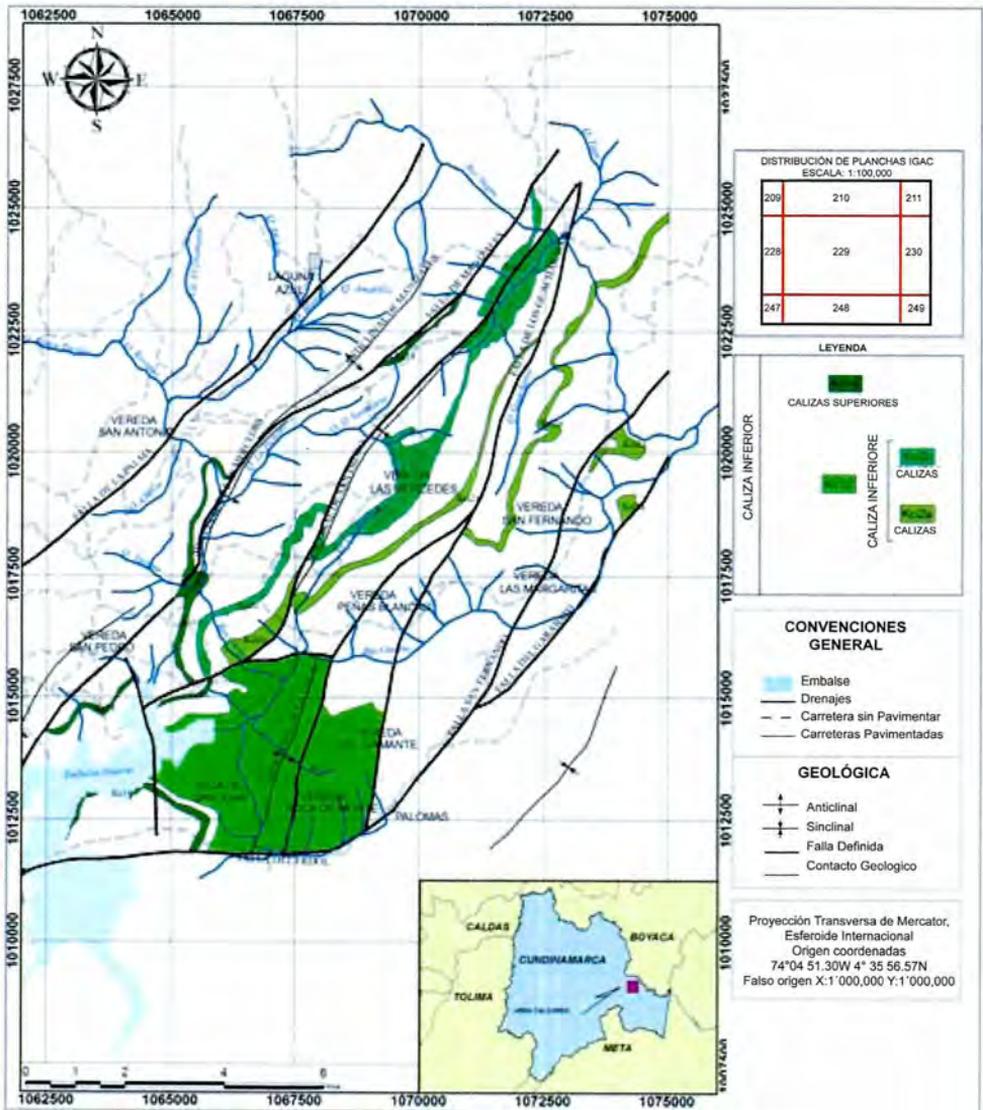


Figura 33. Geología del área calcárea 302 Guavio.

Fuente: Ingeominas.

Al tomar como referencia la Falla de Manizales, esta unidad mantiene su espesor y es más homogénea en su contenido calcáreo en el labio oriental, en tanto que en el labio occidental la unidad yace sobre rocas paleozoicas con espesores que disminuyen hasta 30 metros. La unidad presenta fuertes cambios de facies; dentro de un mismo estrato se ha ob-

servado incremento en cuarzo (como granos) y en arcillas. Además, se tomaron muestras cada cinco metros entre el río Chivor y San Pedro, con resultados halagadores para diversas aplicaciones industriales (cemento, siderurgia, agricultura, papel, caucho) (Guerra, 1972, pp. 25-27, apéndice 1) (tabla 24).

Tabla 24. Análisis químicos del nivel Kc₁

Número IGM	Localidad	Clasificación	Contenido CaCO ₃ (microscopio)	
16576	Río Chivor		84,1	A.Q.
16577	Río Chivor		94,46	A.Q.
16579	Río Chivor		92,09	A.Q.
16580	Alto San Pedro		95,53	A.Q.
16581	Alto San Pedro		95,3	A.Q.
16582	Alto San Pedro		92,42	A.Q.
16575	Área de Las Mercedes	Caliza micrita	96	
16978	Área de Las Mercedes	Caliza biomicrita	96	
16574 A	Área de Las Mercedes	Caliza impura	84	
16975	Quebrada Palomas	Caliza micrita	96	
16976	Quebrada Palomas	Caliza biomicrita	97	
16567	Quebrada Pichonera	Caliza arenosa	85	
16641	Quebrada Pichonera	Caliza arenosa	82	
16637	Alto Santuario	Caliza esparita	96	
16664	Alto Santuario	Calcarenita lítica	83	
16673	Alto Santuario	Caliza micrita	92	
16674	Alto Santuario	Caliza micrita	96	

.../...

Continuación

16956	Alto Cuarteles	Caliza biomicrita arenosa	82
16954	Alto Cuarteles	Calcarenita	87
16953	Alto Cuarteles	Calcarenita	55
16929	Alto Cuarteles	Calcarenita	70
16930	Alto Cuarteles	Caliza micrita	98
16676	Vertiente W.R. Chivor	Caliza biomicrita clásica	65

Fuente: Guerra (1972, Apéndice 1).

La tectónica del área calcárea 302 Guavio se presenta en planta (figura 34) y en perfil (figura 35), donde se muestran las fallas que las caracterizan:

Al observar en detalle esta área calcárea, y los bloques en ella individualizados gracias a la tectónica, se destaca lo siguiente:

- El bloque 1 está situado entre la falla del Garabato y la de San Fernando, ambas de tipo inverso. La primera pone en contacto las rocas cretácicas en los dos labios, mientras que la segunda muestra rocas paleozoicas en el labio occidental.
- El bloque 2 está localizado entre la falla de San Fernando y de los Guácharos al norte y la de La Colonia al sur; la falla de los Guácharos es de alto ángulo, buza al oeste, y el labio occidental cabalga sobre el labio oriental.
- El bloque 3 está situado entre la falla de La Colonia y la de La Pichonera, las cuales se unen hacia el norte, en la de los Guácharos. Se relacionan con la mineralización de las esmeraldas.
- El bloque 4 está localizado entre las fallas La Pichonera-Guácharos y la de San Isidro. Esta última es de tipo inverso y de poco desplazamiento. Este bloque es limitado al sur por la falla Golpe de Agua, cuyo plano es vertical.
- El bloque 5 está ubicado entre la falla de San Isidro y la de Manizales. Esta falla es de tipo inverso y su flanco occidental cabalga sobre el oriental; se encuentra interrumpido también por la falla Golpe de Agua.

- El bloque 6 está situado entre las fallas de La Pichonera al este, Golpe de Agua al norte, San Pedro al oeste y del Frijol al sur. En este bloque, sus rocas chocan al norte con rocas paleozoicas y cabalgan al este, sobre las rocas del bloque 3.
- El bloque 7 está limitado por las fallas de San Pedro al este, Manizales al occidente y Frijol al sur. Esta última tiene plano vertical, y corta la mayoría de las fallas antes mencionadas.

Basados en la posición y el tipo de cada falla, así como en las características estratigráficas dentro de cada bloque, se puede reconstruir la forma de la cuenca en los inicios del Cretácico y fines del Jurásico. El labio occidental de la falla de Los Guácharos era una elevación donde se acuñó el conjunto basal cretácico; esta es una paleofalla que estuvo moviéndose durante la sedimentación. Lo mismo sucedió con la falla de Manizales, donde el conjunto de las calizas superiores se superpone directamente encima del Paleozoico.

En cuanto a la geología económica, el potencial, la calidad y las aplicaciones posibles de la caliza ocurrente en este depósito fueron justamente la finalidad del estudio efectuado (Guerra, 1972, p. 39). Se hizo el mapeo detallado de las unidades calcáreas de la Formación Cáqueza inferior sobre 200 km² y se llevó a cabo el muestreo sistemático sobre el conjunto de las Calizas superiores mediante la toma de una muestra de roca, cada cinco metros, en dirección perpendicular a sus buzamientos.

Los análisis químicos realizados son escasos y los análisis petrográficos llevados a cabo sobre una lámina de roca, a cada cinco metros de espesor, son resultados parciales para tener un conocimiento exhaustivo de la roca, ya que no se tomaron en forma continua a lo largo del espesor en muestras de canal. Esta conclusión permite considerar las cifras de potencial calculadas como recursos y no como reservas.

Para el cálculo de reservas se descartan los bloques 1, 2, 3, por difíciles condiciones de explotación minera, y el tenor en calcita, al igual que la parte oriental del bloque 6, por las características de la roca encajante de los yacimientos de esmeraldas (Guerra, 1972, p. 40).

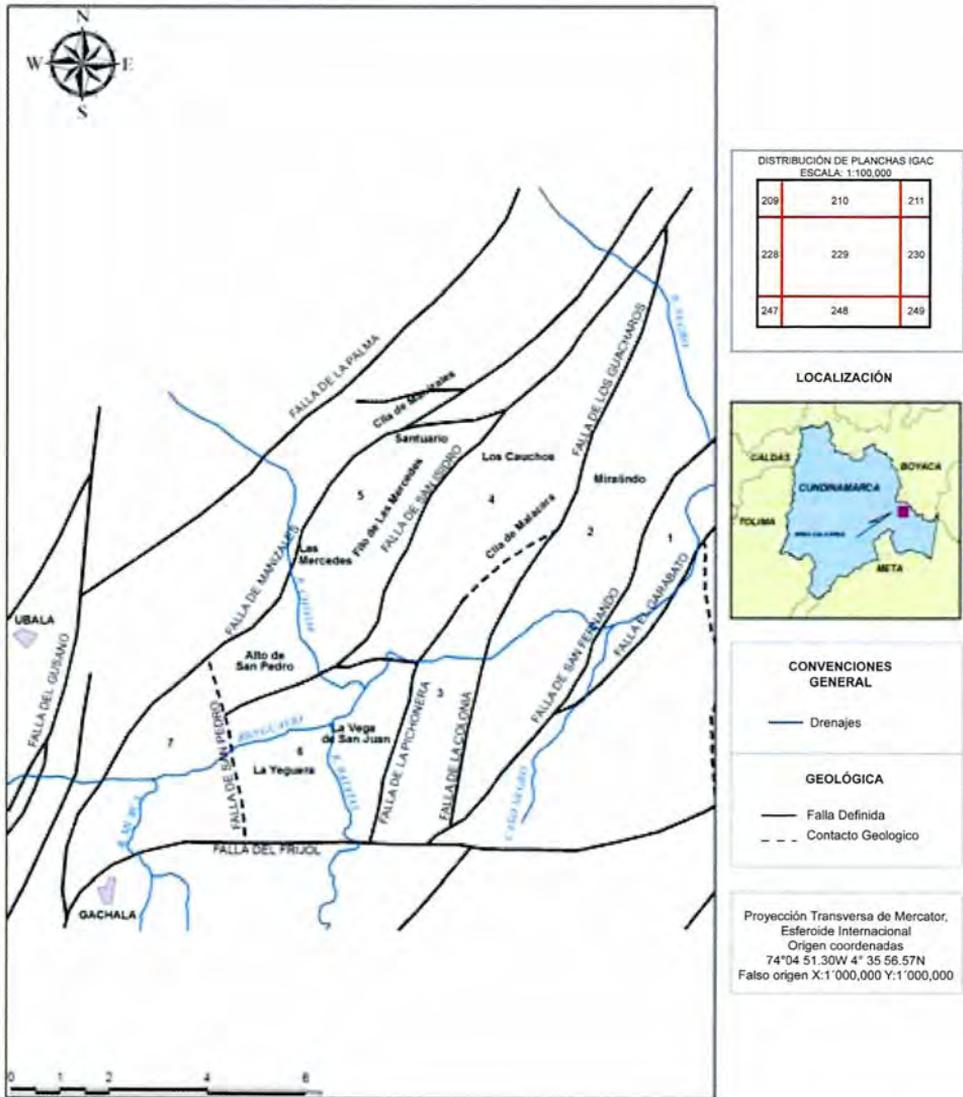


Figura 34. Fallas en el área calcárea Guavio y localización de los bloques calcáreos del 1 al 7.

Fuente: Guerra, 1972.

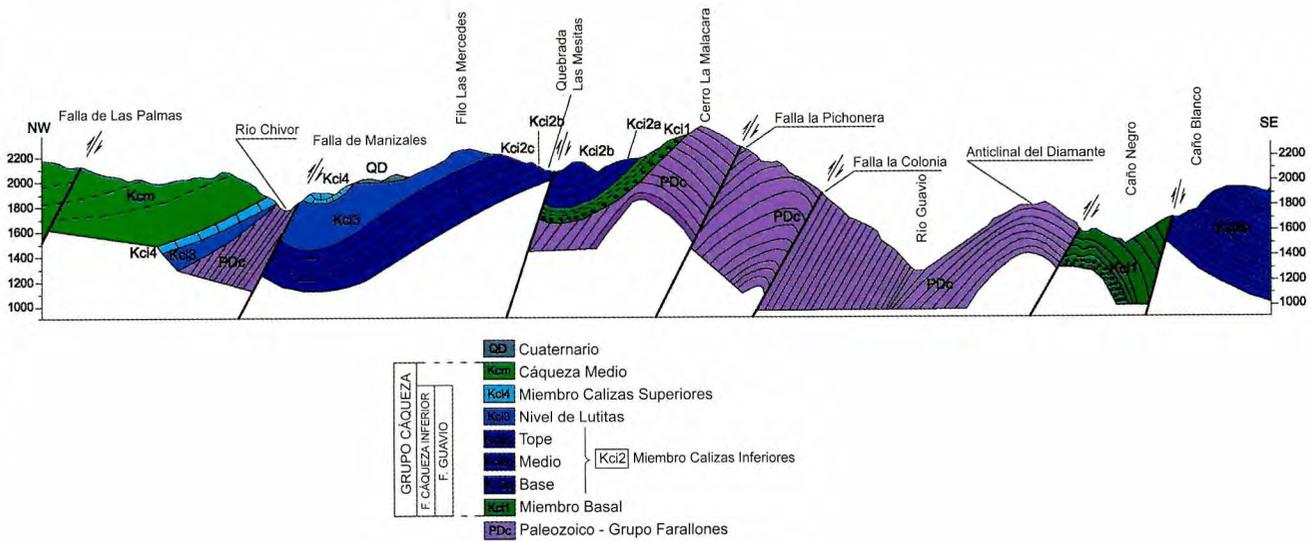


Figura 35. Sección geológica del área calichea 302 Guavio.
Fuente: Guerra, 1972, figura 5.

En el área de Las Mercedes (bloque 5) afloran los conjuntos Kci_4 y Kci_2 (figura 34), y el Kci_4 se subdividió en cuatro sectores; con espesores promedios, longitud cartográfica, longitud en el sentido del buzamiento, densidad y la calidad averiguada por petrografía y algunos análisis químicos, se obtiene un cálculo de reservas de aproximadamente 215 millones de toneladas de caliza (tabla 25).

Tabla 25. Cálculo de reservas Kci_4

Sector	Longitud	Espesor	Profundidad	Densidad	Total (Ton $\times 10^6$)
Santuario	1000	60	500	2,6	78
Pichonera	1000	60	600	2,6	93,6
Mercedes	1000	60	200	2,6	31,2
San Pedro	1750	25	100	2,6	11,38
Total					214,18

Fuente: Guerra, 1972.

En los sectores del alto de San Pedro y del filo de Las Mercedes no se tomaron en cuenta las calizas del Kci_4 por delgadas. En las del Kci_2 se compensa su bajo tenor local al reducir el espesor a un mínimo y la suma de los espesores de las calizas como un solo banco (Guerra, 1972, p. 43).

El total para este sector (tabla 26) es de 286 millones de toneladas de caliza (Guerra, 1972, p. 43) y un gran total para el bloque 5 de 618.735.000 toneladas.

Tabla 26. Cálculo de reservas Kci_2 , Bloque 5

Sector	Longitud	Espesor	Profundidad	Densidad	Total (Ton $\times 10^6$)
Santuario	1000	200	100	2,6	52
Pichonera	1500	200	300	2,6	234
Total					286

Fuente: Guerra, 1972.

Los ríos Guavio y Batatas separan el área de la Vega de San Juan (bloque 6) en tres sectores. Se descarta el sector de la Vega de San Juan por la existencia de minas de esmeraldas. Se tienen las siguientes reservas de caliza (tabla 27) en el Kci_2 :

Tabla 27. Cálculo de reservas Bloque 6

Sector	Longitud	Espesor	Profundidad	Densidad	Total (Ton x10 ⁶)
Chivor	2500	200	100	2,6	130
La Yeguera	2500	120	200	2,6	156
Total					286

Fuente: Guerra, 1972.

El área del río Murca (bloque 7) se subdividió en tres sectores (tabla 28). Adicionalmente, se tienen las siguientes reservas de caliza en el nivel Kc₂:

Tabla 28. Cálculo de reservas bloque 7

Sector	Longitud	Espesor	Profundidad	Densidad	Total (Ton x10 ⁶)
Sector N	2500	80	100	2,6	52
Sector SW	1500	80	100	2,6	31,2
Sector SE	2000	80	100	2,6	41,6
Total					124,8

Fuente: Guerra, 1972.

En conclusión, los bloques 5, 6 y 7 de las tres áreas calcáreas anteriormente enumeradas reúnen un total de 1.029.535.000 toneladas de roca calcárea con un tenor superior al 85% en CaCO₃, en una categoría que se considera de recursos inferidos.

Área calcárea 303 oriente de Bogotá

Localización

Esta área se extiende entre Gachetá en el noreste y Cáqueza en el suroriente. Con el fin de conocerla, se recorrieron todas las carreteras de la región, sus alrededores, en especial la zona del río Blanco entre Choachí, La Siberia y Palacios, para comprobar manifestaciones, espesores y recolectar muestras que se analizaron en su contenido fosilífero y químico (De la Espriella, 1958, p. 1). Para el propósito de esta relación, se subdivide la región en tres sectores (figura 36):

- Región de Gachetá y alrededores
- Región de Pueblo Viejo
- Cuenca hidrográfica del río Blanco

El sector de la región de Gachetá abarca también Junín y Gama, municipios situados a 90 y 110 kilómetros de Bogotá, respectivamente, y donde reside una población dedicada sobre todo a la agricultura y ganadería. Se accede a la región por la carretera que de Bogotá conduce a Gachetá-Ubalá-Gachalá.

Geología

Desde el punto de vista geológico, el sector se caracteriza por la ocurrencia de capas de caliza, arenitas de cuarzo y lutitas pertenecientes a los grupos Villeta y Guadalupe, de edades Albiano hasta Maestrichtiano. La unidad que contiene las capas calcáreas se sitúa en el Cenomaniano. La estructura general de la región está formada por un gran anticlinal que buza hacia el suroeste.

En este sector se reconocieron cinco áreas de afloramiento:

Kilómetro 3 del camino a La Salina.

A tres kilómetros al nornoroeste de Gachetá se encuentra un afloramiento de caliza conformado por varias capas de esta roca, con espesores que varían entre 0,80 y 6,00 metros. Este nivel se extiende por varios kilómetros (De la Espriella, 1958, figura 3). Las muestras analizadas (tabla 35) muestran bajo contenido en CaCO_3 y alto contenido en sílice, que la hacen inconveniente aun para la obtención de cal agrícola.

Monumento de Gachetá

En el declive entre el monumento y el río Salinero hay mantos delgados de caliza, algunos de los cuales se presentan en la tabla 29 (muestras REC-78 hasta REC-86). Su delgado espesor y bajo contenido en CaCO_3 no los hacen propicios para su utilización como cal industrial o agrícola.

Otros lugares

En el Monumento de Junín, en el ramal de la carretera de Guavio y Gama, y en el sureste de Junín, no se consideró útil detallar las capas o muestrearlas, ya que se descartaron por sus características de espesor y aspecto.

En conclusión, los afloramientos de caliza en dirección a La Salina podrían dar un tonelaje apreciable; no obstante, su deficiente calidad desanima la posibilidad de explotación económica (De la Espriella, 1958, p. 7).

La región de Pueblo Viejo

Está situada en el municipio de Guasca, doce kilómetros al sur-suroeste de la población. Yace sobre rocas cretácicas y terciarias, compuestas por calizas, arenitas de cuarzo, lutitas y liditas pertenecientes a los grupos Villeta y Guadalupe. Desde el punto de vista estructural, las rocas están plegadas y forman un anticlinal, cuyo eje probablemente pasa a poca distancia, al oeste de la explotación de caliza de la Compañía Explotadora de Cal S.A.

El depósito consiste en dos bancos de caliza de doce a trece metros de espesor total, separados por tres metros de lutitas y margas, cuyos análisis químicos habían dado buenos resultados. Este depósito se explotó para extraer cal agrícola, pero posteriormente se suspendió la extracción.

Las reservas explotables de este yacimiento se han calculado en más de siete millones de toneladas. La caliza se calcina en hornos y se obtienen 30 a 50 toneladas diarias de cal. Este producto se vende como cal agrícola o como materia prima para fungicidas, abonos, fundentes o alimentos concentrados (De la Espriella, 1958, pp. 8-10, cuadro 3).

La cuenca hidrográfica del río Blanco

La región comprende los municipios de La Calera, Choachí, Fómeque, Ubaque, Chipaque y Cáqueza. Estos municipios están comunicados con Bogotá por medio de la carretera de Oriente y por la carretera a Choachí (45 kilómetros), que de Bogotá conduce a La Calera, La Siberia y Palacios. La región está situada entre 1700 y 3600 metros de altura, la temperatura varía entre los 5° y 25° y la población se dedica a la agricultura y la ganadería.

Desde el punto de vista estratigráfico, ocurren en toda el área las unidades que la literatura geológica ha descrito como Grupo Cáqueza, con su parte Media y su Formación Alto de Cáqueza en el techo; como Grupo Villeta, con tres formaciones Fómeque, Une y Chipaque; como Grupo Guadalupe, con tres formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor y Tierna, y al techo el Terciario con la Formación Guaduas (De la Espriella, 1958, pp. 12-14).

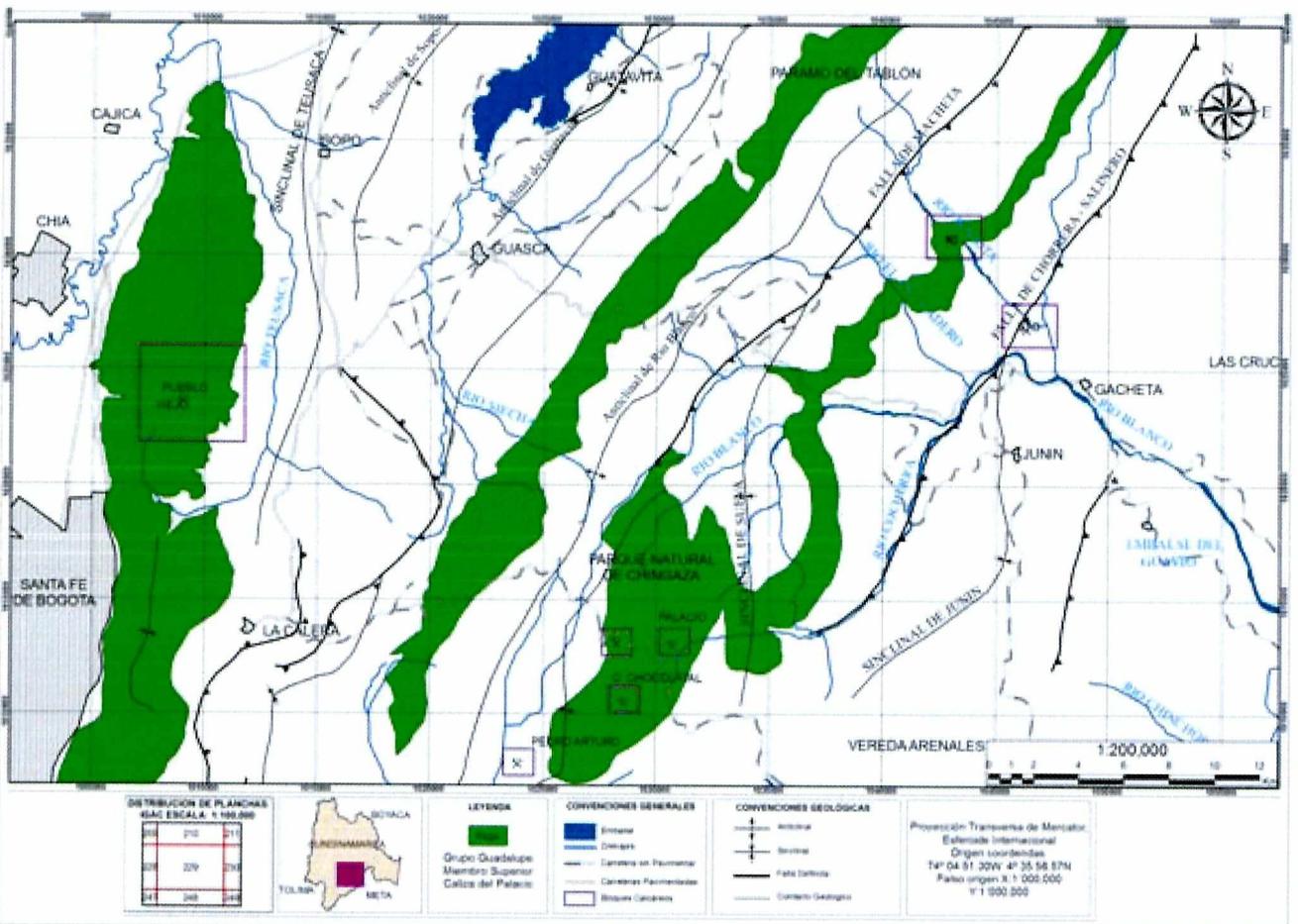


Figura 36. Mapa geológico del área al oriente de Bogotá.

Fuente: Ingeominas.

Tabla 29. Análisis químicos de caliza proveniente de la región de Gachetá y alrededores

Procedencia	Número	Humedad (%)	CaCO ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Pérdidas totales (%)
km+3 Gachetá-La Salina	REC-71	0,18	78,5	43,96	0,74	9,89	4,45	2,99	37,15
	REC-72	0,33	60,09	33,65	0,79	21,35	10,31	4,54	28,85
	REC-73	0,4	39,25	21,98	0,63	42,39	8,37	5,38	20,18
	REC-74	0,22	70,12	39,27	1,12	15,15	5,2	5,5	33,17
	REC-75	0,4	14,5	8,12	0,86	65,85	8,26	7,1	9,64
Monumento de Gachetá	REC-78	0,54	47,21	26,44	0,93	28,02	6,7	12,68	24,33
	REC-79	0,29	66,37	37,17	0,85	19,09	4,07	6,38	30,95
	REC-80	0,19	77,39	43,34	0,57	11,44	5,08	2,91	35,91
	REC-81	0,29	68,09	38,13	0,83	19,15	3,56	5,14	32,14
	REC-82	0,15	57,12	31,99	0,89	34,27	3	3,07	25,62
	REC-83	0,36	81,87	45,85	0,34	9,7	3,06	3,59	36,62
	REC-84	0,35	74,86	41,92	0,5	13,95	4,56	4,39	33,7
	REC-85	0,31	15,39	8,62	0,81	63,22	6,79	10,07	8,87
	REC-86	0,4	63,12	35,35	1,01	15,45	8,88	9,28	29,94
	REC-88	0,53	62,93	35,24	1,16	14,16	8,42	10,38	30,04
	REC-89	0,13	24,46	13,7	0,3	67,3	4,4	2,52	11,11
SE de Junin	REC-90	0,4	76,96	43,1	0,7	14,41	2,5	3,35	35,02
	REC-91	0,22	34,32	19,22	0,3	53,23	6,06	3,46	17,24
	REC-92	0,29	10,05	5,63	1,48	60,44	14,23	6,61	10,9

Fuente: De la Espriella, 1958.

Para el propósito principal de esta actividad investigativa, en las condiciones de trabajo de hace 52 años “se visitaron todos los afloramientos de los que se tenía noticias, tratando además de descubrir los que se pudieran inferir por correlación estratigráfica” (De la Espriella, 1958, p. 15). Por tanto, se estudiaron los siguientes cinco sectores:

- Compañía de Cemento Samper
- Puerto Arturo y alrededores
- Río Blanco al norte de Choachí
- Choachí-Fómeque-Ubaque
- Chipaque-Cáqueza

La Compañía Samper tenía en la región de las cabeceras del río Blanco los sectores calcáreos de La Siberia, cantera de Palacio y quebrada El Chicolatal.

La Siberia

Este yacimiento, el primero del cual se abasteció la fábrica de cemento, estaba localizado al sureste de la planta, a poca distancia de ésta. Está conformado por dos bancos: el inferior, de siete metros de espesor, y el superior, de 25 a 30 metros de espesor, ambos de óptima calidad. Las reservas han sido agotadas dentro de la concesión, pero continúan fuera de ella.

Cantera de Palacio

Está situada a unos 20 kilómetros en línea recta, al oriente de La Siberia. La posición estratigráfica del nivel allí presente es inferior a la Formación Une, límite Aptiano-Albiano. Este nivel tiene un grosor de 70 metros pero es muy irregular. Se calcularon reservas de diez millones de toneladas (De la Espriella, 1958, p. 16). El transporte de caliza hasta la fábrica se realizaba por cable aéreo. El yacimiento está agotado.

Quebrada El Chicolata

Este yacimiento se encuentra tres kilómetros al sursuroeste de la cantera de Palacio. El nivel, de quince metros de espesor, se halla estratigráficamente por debajo de la Formación Une, pero esta posición se ha puesto en duda y se ha referido a las formaciones Labor y Tierna. Las estructuras que afectan el nivel calcáreo son muy complicadas, caracterizadas por fallas que rompen el depósito en bloques

separados unos de otros. La caliza es de excelente calidad. No se dan cifras de reservas (De la Espriella, 1958, pp. 17-18).

Puerto Arturo y alrededores

Depósito localizado entre el caserío de Mundo Nuevo, la carretera a La Siberia y la cantera de Palacio. La posición estratigráfica del nivel corresponde al límite entre el Grupo Villeta y el Grupo Guadalupe. Se presentan aquí dos bancos gruesos de caliza de excelente calidad, pero aislados unos de otros por depósitos de acarreos superficiales que los cubren y dificultan fuertemente las equivalencias. El banco inferior tiene seis metros de espesor y el banco superior, ocho metros. Este último se siguió por una longitud de 400 metros, y con una cuelga supuesta de 100 metros, se estima una reserva de 830.000 toneladas. Se calcula una reserva de 772.000 toneladas de excelente calidad para el banco superior, el cual no estaba en explotación.

De la Espriella cita otros tres sectores con ocurrencia de capas de caliza, pero sólo en un caso se alcanza un espesor de 1,80 metros; los demás tienen espesores inferiores a un metro, por lo cual se descartan.

Potencial y perspectivas

En el área calcárea del río Clarín se calcula un recurso inferido superior a mil millones de toneladas de caliza, con un contenido en CaCO_3 entre 62 y 95% y en MgCO_3 entre 5 y 32%. La caliza se emplea en la industria cementera y se puede aprovechar en la siderurgia, pero antes se requiere un muestreo sistemático que indique dónde es rica en magnesio y, seguramente dónde es pobre en Mg. Es posible utilizarla también como cal agrícola y como mármol, porque la caliza es compacta y explotable a cielo abierto.

En el área calcárea del Guavio hay tres bloques, identificados con los números 5, 6 y 7, que reúnen un total de 1.029.535.000 toneladas de roca calcárea, con un tenor superior a 85% en CaCO_3 , en la categoría de recursos inferidos. Esta caliza se puede aprovechar para la siderurgia o la industria cementera, después que un muestreo programado indique los niveles de contenido de magnesio.

En el área calcárea del oriente de Bogotá hay diferentes depósitos abandonados, con escasas reservas utilizadas para dar cal agrícola o bajo contenido de CaCO_3 .

Zona calcárea 4 Boyacá

La zona calcárea 4 corresponde al departamento de Boyacá, localizado en la región andina, en el centro del país (figura 20, zona 6).

Localización, extensión y vías de acceso

Boyacá se encuentra localizado al centrooriente de Colombia; limita al norte con los departamentos de Santander y Norte de Santander y la República Bolivariana de Venezuela; al oriente, con los departamentos de Arauca y Casanare; al sur, con Cundinamarca, y al occidente, con los departamentos de Antioquia y Caldas (figura 37); tiene una superficie territorial de 23.189 km².

Las principales vías de comunicación son la troncal Central, que une a Bogotá con Tunja y se prolonga hacia Bucaramanga y la costa norte; la troncal Central del Norte, que comunica los municipios de Tunja, Duitama, Soatá, Pamplona y Cúcuta; la carretera que comunica a Sogamoso con Yopal y Villavicencio, y la carretera que comunica a Tunja con Guateque y Villavicencio. Todos los municipios están comunicados por vías carreteables y cuentan también con un buen tramo de la red ferroviaria nacional.

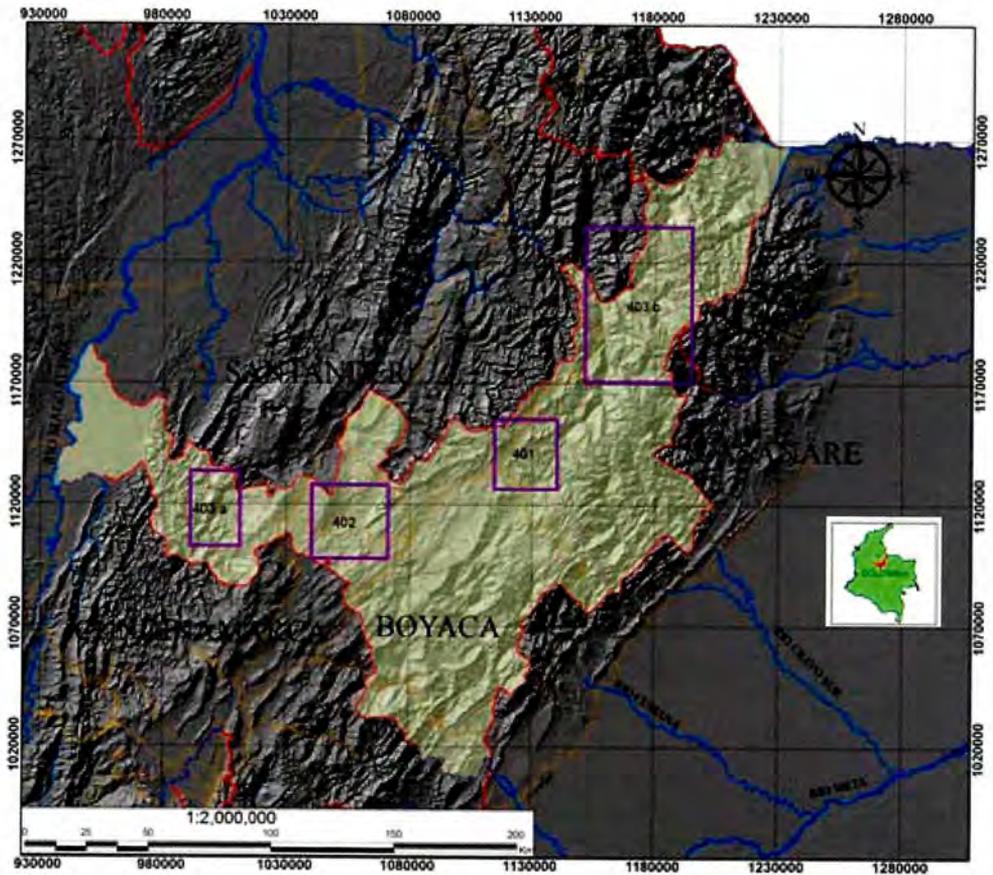
Aspectos físicos

El paisaje del departamento de Boyacá, aunque esencialmente andino, es muy diverso; se distinguen tres grupos morfológicos: la planicie del Magdalena, la cordillera Oriental y el altiplano cundiboyacense.

La planicie del Magdalena, al oriente, comprende un conjunto de vegas, terrazas y lomas de baja altitud. Posee un clima cálido y húmedo, donde predominan los pastos (Igac, 2008, p. 351).

La cordillera Oriental se divide en dos sectores, separados por el altiplano cundiboyacense: uno al oriente, semiárido a semihúmedo por su flanco oriental, y húmedo a muy húmedo por su flanco occidental. El otro, al occidente, menos húmedo por el flanco occidental y muy húmedo por el flanco oriental.

El altiplano cundiboyacense, situado en el centro del departamento y bordeado por el conjunto cordillerano, está formado por una sucesión de colinas y valles escalonados; el clima varía entre frío semihúmedo y frío semiárido (Igac, 2008, p. 352).



CONVENCIONES ■ Vías — Ríos □ Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1,000,000 Y: 1,000,000

Figura 37. Mapa de localización de la zona calcárea 4 Boyacá y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Boyacá tiene el Parque Nacional Natural El Cocuy, dentro del cual se encuentra la Sierra Nevada del Cocuy o Güicán, que alcanza 5380 msnm en el pico Ritacuba Blanco; también están el Santuario de Fauna y Flora Iguaque, la laguna de Tota y el páramo de La Rusia, entre otros sitios de interés.

Su población total es de 1.255.311 habitantes, distribuidos en 122 municipios, de los cuales el 51,5% es población urbana y el 48,5% es población rural. La cobertura en servicios públicos es de 78,6% en servicio de acueducto, 64,8% en servicio de alcantarillado, 92,3% en servicio de energía eléctrica, 29,2% en servicio de telefonía fija y 19,2% en servicio de gas natural.

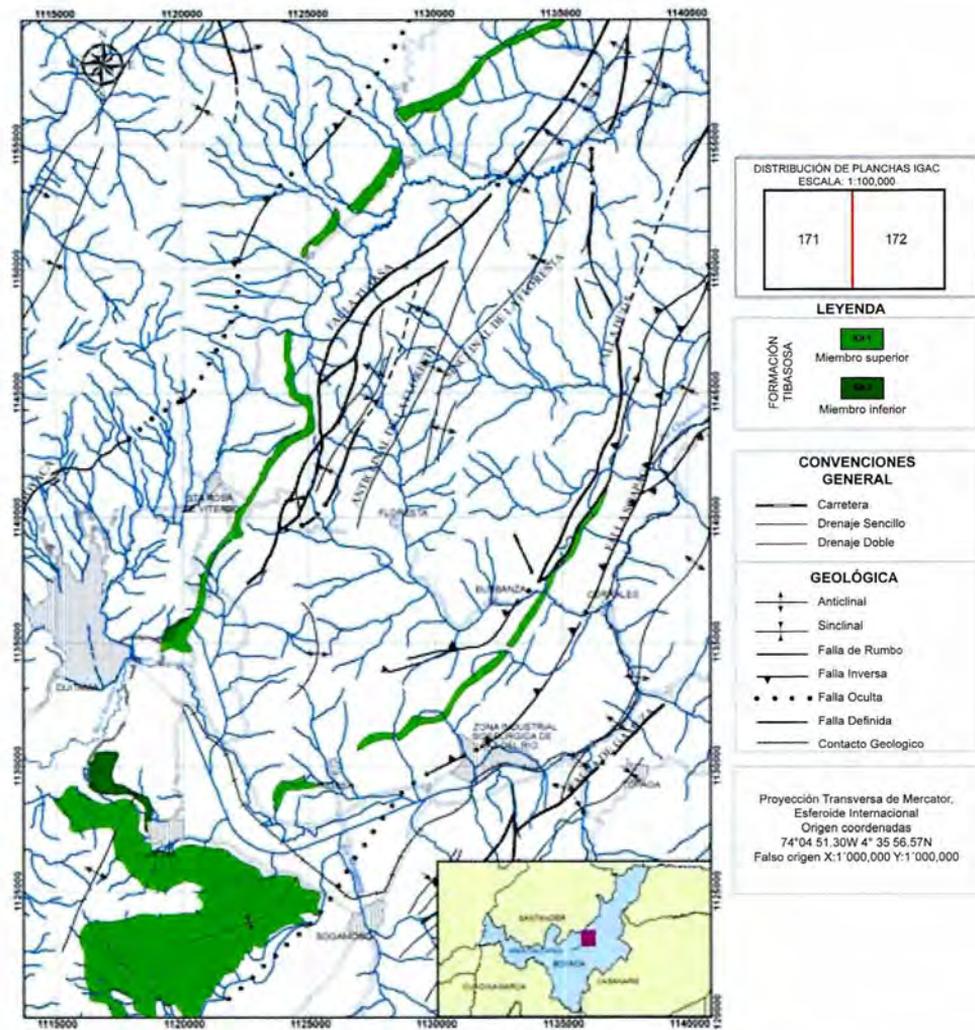


Figura 38. Área calcárea 401 Pesca-Betétiva y Duitama-Belén.

Fuente: Ingeominas.

Áreas calcáreas

El área calcárea 4 se encuentra localizada en su totalidad dentro de los límites del departamento, y comprende áreas calcáreas relativamente cercanas a Tunja:

- Área calcárea 401 Pesca-Betétiva y Duitama-Belén
- Área calcárea 402 Villa de Leiva
- Área calcárea 403 Otras áreas calcáreas

Las rocas calcáreas del área Pesca-Betétiva y Duitama-Belén ocurren dentro de la Formación Tibasosa, de edad Hauteriviano inferior (en su miembro calcáreo inferior Kit₁) hasta Albiano medio a superior (en su miembro calcáreo superior Kmt₁), y coeva con las formaciones Ritoque, Paja, San Gil inferior y con una parte baja de la Formación San Gil superior de la cuenca del Carare. Yace encima de la Formación Cuche y por debajo de la Formación Une, de la cuenca de Cundinamarca (Renzoni, 1981, pp. 41-42).

Pesca-Betétiva y Duitama-Belén

Localización

Ubicada en la cordillera Oriental, comprende de sur a norte los municipios de Pesca, Firavitoba, Sogamoso, Tibasosa, Nobsa, Corrales, Busbanzá y Betétiva y, por otra parte, Duitama-Belén. La vía principal de acceso al área es la troncal Central del Norte, que comunica a Tunja con Duitama y Sogamoso; de allí se desprenden vías que comunican con afloramientos y laboreos mineros, especialmente los desarrollados por la empresa siderúrgica Acerías Paz del Río, y las cementeras Holcim y Argos, en las minas de Suescún, Nobsa, Corrales y San Antonio (figura 38).

El acceso al sector de San Antonio se puede hacer por la vía Belencito-Duitama-Cerínza, en el cruce de la vereda El Salitre; por la vía Duitama-vereda Tocogua y por la vía Santa Rosa-valle de Cuche.

Las minas de explotación de cal se localizan en la margen izquierda de la vía Duitama-Nobsa, en el sector denominado Puntalarga y en el sector de Belén.

Antecedentes

La Concesión de Salinas del Banco de la República pidió al Ministerio de Minas y Energía ordenar la ejecución de un estudio geológico del yacimiento de caliza de Suescún, con el fin de establecer su valor económico en relación

con el posible empleo de esta caliza en la Planta Colombiana de Soda de Zipaquirá (Ordóñez, 1960, p. 1). En efecto, los pocos yacimientos de caliza existentes en Cundinamarca que habrían podido servir para la planta estaban dedicados a otras industrias, razón por la cual ésta se vio obligada a proveerse de los yacimientos de caliza de Acerías Paz del Río, pero el transporte de 500 toneladas diarias de caliza desde Paz de Río volvía oneroso el precio de la caliza. Con el fin de poner remedio a esta situación, se propuso la adquisición del yacimiento; de aquí el estudio del sector calcáreo que se encuentra inmediatamente al noroeste de Sogamoso.

El autor citado consideraba que estas capas de caliza, pertenecientes al Villeta inferior, eran de difícil explotación a causa de la profundidad alcanzada por los socavones, por las estructuras muy falladas difíciles de interpretar y porque las rocas calcáreas estaban cubiertas en gran parte por suelos cascajosos. El potencial calculado, compuesto de reservas probables y posibles, sumó en los sectores de La Ensilada, El Mortiño y Loma Redonda un total de dos millones de toneladas con contenido de CaCO_3 entre 84 y 96,04% (Ordóñez, 1960, pp. 2-8), que es de calidad satisfactoria para los fines de manufactura de soda.

En el año 1967 se publicó el mapa 171-Duitama, en el que se indica que este yacimiento y otros depósitos de caliza circunvecinos pertenecen al miembro Calcáreo inferior (Kit3) y al miembro Calcáreo superior (Kmt1) de la Formación Tibasosa. A partir de ese momento los depósitos calcáreos fueron objeto de explotación en numerosas canteras, sobre una gran área, para suministrar esta materia prima a la Planta de Soda y a Cementos Paz del Río (hoy Cementos Argos); en efecto, en el citado mapa se muestra que tales sucesiones calcáreas prosiguen hacia el suroeste hasta el municipio de Pesca (Renzoni & Rosas, 1983) y hacia el noreste hasta Betéitiva, y pasan por los municipios de Tibasosa, Nobsa y Corrales.

Geología

En el área afloran rocas sedimentarias con edades que van del Jurásico al Cuaternario y donde la Formación Tibasosa es portadora de las secuencias calcáreas.

La estructura principal del área es el Anticlinal del Chicamocha con dirección suroeste-noreste y pliegues anticlinales y sinclinales menores con dirección similar; la falla inversa de Soapaga, el principal evento tectónico de

la región, presenta una dirección suroeste-noreste y pone en contacto rocas del Terciario con rocas del Cretácico inferior; alrededor de este rasgo tectónico se generan trenes de fallas más o menos ortogonales al trazo de la falla principal, que afectan los estratos.

El área calcárea se localiza al occidente de la Falla de Soapaga, en los flancos del anticlinal. La principal formación calcárea de la zona es la Formación Tibasosa (Kit), la cual contiene los bancos de caliza empleados para las industrias siderúrgica, cementera y productora de cal. Otras que presentan niveles calcáreos, no caracterizados, son las formaciones Churuvita y Conejo.

La Formación Tibasosa (Kit) (Hauteriviano-Barremiano) se divide en tres miembros característicos: el inferior, predominantemente arenoso, presenta un conglomerado de base, seguido por intercalaciones de limolita morada, azulosa y verdosa con arenisca friable de grano grueso; el miembro intermedio presenta una alternancia de limolita verdosa con bancos de caliza, en tanto que el superior consta principalmente de arcillolita fisible verdosa con intercalaciones de capas delgadas y nódulos de caliza; hacia el techo se localizan algunos bancos de arenisca calcárea gris con interbancos de arcillolita gris. El espesor aproximado es de 520 metros (Reyes, 1984).

Esta formación yace discordante sobre las rocas más antiguas de la región. En el borde noroccidental del valle de Sogamoso el contacto inferior es con la Formación Girón, mientras que en el sector Tibasosa-San Rafael el contacto es claramente discordante con la Formación Cuche. Dos kilómetros al norte de Belén, la formación se apoya de manera directa sobre cuarcitas del conjunto metamórfico del basamento cristalino. El límite superior es concordante (Reyes, 1984).

El miembro calcáreo superior de la Formación Tibasosa (Renzoni, 1981), denominado por Reyes (1984) y conocido localmente como Formación Belencito debido a que su mejor exposición se observa entre Belencito y Chámeza, muestra características litológicas y geomorfológicas propias (Reyes, 1984), y a causa de su importancia industrial es reconocida así por las empresas mineras de la región.

La Formación Belencito (Kib) comprende tres conjuntos litológicos, denominados inferior, medio y superior: "La parte inferior consta de 30 metros de arcillolita negruzca y algunos niveles arenosos, seguidos por bancadas de arenisca cuarcítica que pueden alcanzar los 80 metros de espesor; sobre éstas yace una serie netamente calcárea, constituida por

una continua alternancia de bancos de caliza, margas, arcillolita calcárea y areniscas. Una zona arcillosa separa la serie calcárea en dos conjuntos, fácilmente reconocibles en la región por la topografía abrupta que ocasionan". "La parte superior de la formación está constituida por bancos de arenisca, con intercalaciones muy delgadas de arcillolita. En la sección de Belencito la formación alcanza los 550 metros (figura 39), valor que se mantiene constante en todo el borde occidental del valle de Sogamoso. Sin embargo, parece que algunos niveles se adelgazan sensiblemente hacia el noreste" (Reyes, 1984, p. 25).

El conjunto intermedio de la Formación Belencito es el que ha tenido mayor importancia minera; comprende nueve bancos de caliza, intercalados con estratos arcillosos y arenosos, con un espesor total de 395 m; en el sector se identifican los bancos calcáreos con letras que van de la A a la I, así (figura 40):

Banco A. Es el banco superior de la secuencia calcárea y está compuesto por caliza gris fosilífera, con venas de calcita y un espesor de 4,7 metros; se conserva regionalmente.

Banco B. Este banco tiene un espesor promedio de 18 metros, compuesto por caliza biomicrítica de color gris claro, estratificado en potentes bancos que miden entre 2 y 3,7 metros, con intercalaciones de arcillolita. La empresa Acerías Paz del Río lo utiliza en la industria siderúrgica.

Banco C. Este banco corresponde a una caliza biomicrítica gris a gris oscura, con variabilidad lateral en su color; tiene un espesor de cuatro metros, con intercalaciones de arcillolita en capas hasta de 0,5 metros.

Banco D. Es el más importante de la secuencia calcárea. Se trata de una caliza gris clara, con finas vetas de caliza fosilífera, resistente y muy dura en bancos de 1,5 a 3,0 metros de espesor y capas muy delgadas de lutita gris; la composición en CaO varía entre 52,65% hacia el techo y 48% hacia la base, y su espesor aproximado es de 21 metros. En contacto inferior, se presenta una secuencia de capas concrecionales calcáreas rojizas, que sirven de estrato guía.

Banco E. Compuesto por caliza cristalina gris a gris oscura fosilífera muy dura, presenta capas delgadas de arcillolitas y capas de caliza arenoarcillosa; tiene un espesor promedio de 13 metros y su contenido promedio de CaO es de 48,57%.

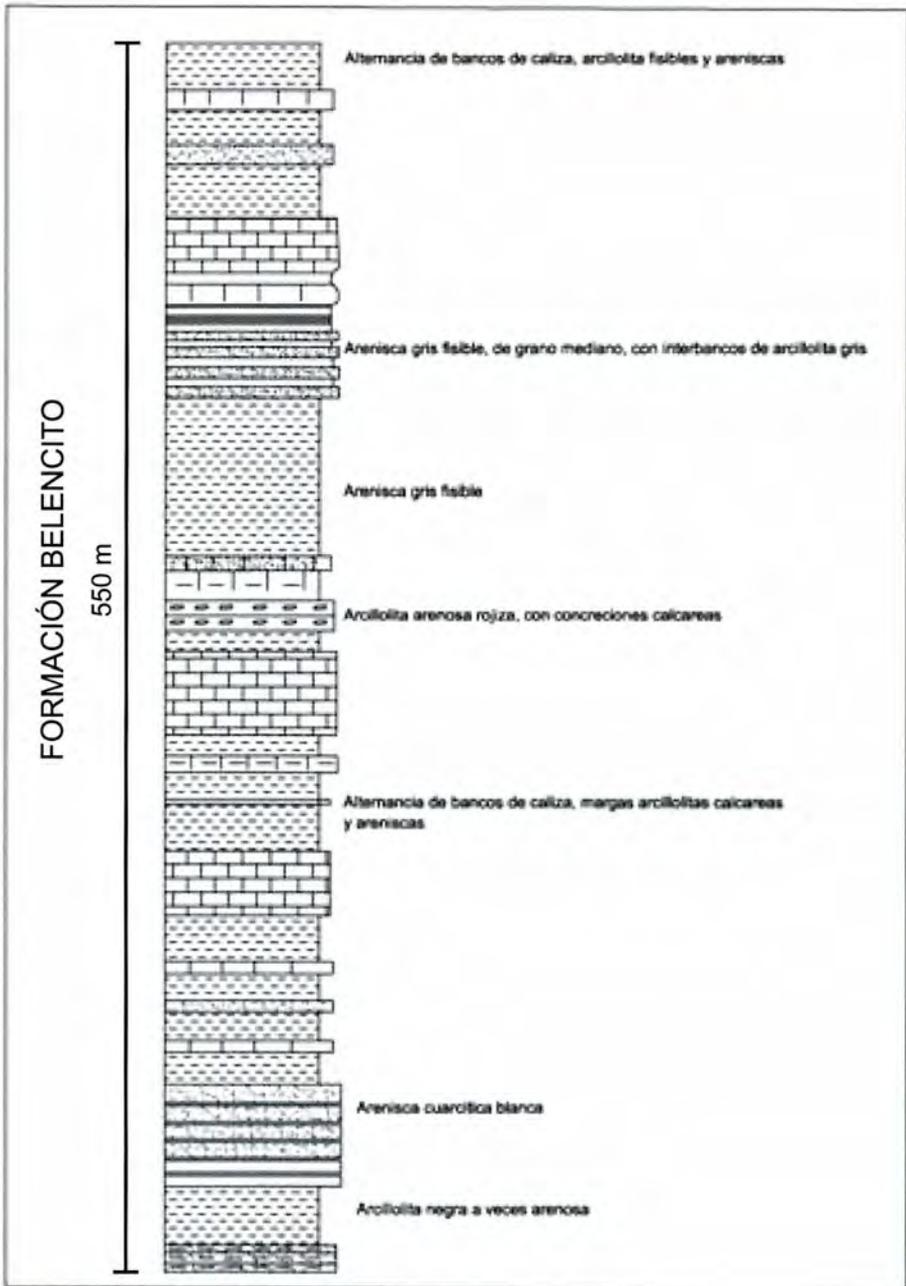


Figura 39. Columna estratigráfica de la Formación Belencito.

Fuente: Reyes, 1984, p. 26.

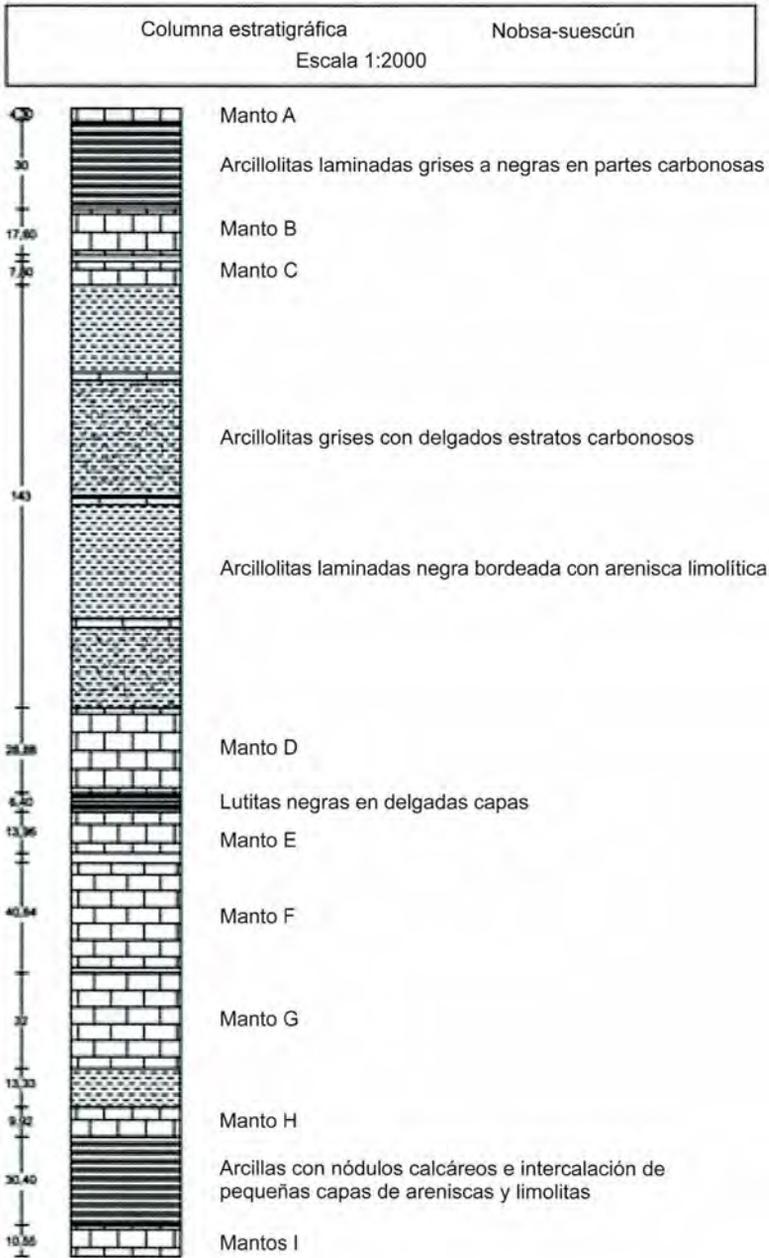


Figura 40. Columna estratigráfica de la Formación Belencito en Suescún y Nobsa.

Fuente: Holcim Colombia S.A.

Banco F. Se trata de una sucesión de margas, arcillolita gris verdosa, arenisca amarillenta de grano fino y bancos de caliza gris entre 0,15 y 2,0 metros de espesor; el espesor promedio es de 36 metros.

Banco G. Está compuesto por dos bancos explotables de caliza gris a gris oscura denominados bancos G1 y G2 (Holguín & Torres, 1987), de 11 y 6 metros de espesor, respectivamente.

Banco H. Está compuesto por una caliza gris fosilífera muy dura, con un contenido promedio de 40% de CaO; su espesor promedio es de 10 metros.

Banco I. Compuesto por dos bancos de caliza fosilífera muy dura, de 2 y 3 metros de espesor, con intercalación de arcillolita fisil; el espesor promedio es de 8,7 metros. Posee 44% de CaO. Sobre este banco continúa una secuencia de arenisca calcárea y caliza arenosa gris intercalada con arcillolita, tomado como límite superior del conjunto medio de la Formación Belencito (Reyes, 1984).

La secuencia calcárea correspondiente al flanco occidental de la estructura anticlinal se explota o aflora en el sector San Antonio (Duitama), en la vereda Portachuelo de Santa Rosa de Viterbo, en el sector El Calvario (Cerinza) y en el sector de Loma Montero (Belén).

El afloramiento de Portachuelo, situado sobre la carretera Santa Rosa-Cerinza, consta de dos niveles de calizas fosilíferas, gris oscura, de tres y cinco metros de espesor de dirección N-S/15°W, separados por lodolitas negras.

El afloramiento El Calvario, localizado a un kilómetro al norte de la población de Cerinza, consiste en dos niveles de caliza gris oscura a negra, fosilífera, con espesores de dos y seis metros, separados por lodolitas negras con delgadas capas de caliza.

El afloramiento de Loma Montero, situado a cuatro kilómetros al suroeste de Belén, consta de caliza gris oscura, fosilífera, estratificada en capas muy gruesas, con espesor medido de seis metros, aunque parece mayor, ya que se encuentra cubierto. Explotaciones o afloramientos de esta secuencia calcárea se pueden observar en los sectores de Pesca, Suescún, Las Monjas, La Carrera, Nobsa, quebrada Malsitio, Tonemí, y al norte, en jurisdicción del municipio de Betétiva, en las quebradas Buntia y Ranchería.

Recursos y reservas

La zona de explotación de calizas comprende los sectores de Pesca, Firavitoba, Tibasosa, Nobsa y Corrales, y cubre una extensión aproximada de 11.800 ha.

En el sector de Pesca afloran los bancos B, C, D y E; en la zona de Diravita y Las Monjas se explotan los bancos D y E; en la zona de La Carrera se explotan todos los bancos; en la zona de Suescún, Resguardos y Patrocinio se explotan los bancos D, E, F y G; en el sector de Las Caleras se explotan los bancos E, F y G; en la zona de Chámeza Mayor y Chámeza Menor se explotan todos los bancos, y en la zona de Corrales se explotan los bancos B y C.

En el sector de Pesca, veredas Suaneme, Toledo, Nocuatá y Llano Grande, se calculan reservas (tabla 30) para los bancos B y D en una cifra superior a diez millones de toneladas (Alarcón, 2007).

Tabla 30. Reservas de los bancos B y D en el sector de Pesca

Banco	Reservas (ton)		
	Medidas	Indicadas	Inferidas
B	4.519.894	4.073.674	4.846.428
D	8.271.408	6.856.229	3.585.521
Total	12.791.302	10.929.903	8.431.949

Fuente: Alarcón, 2007.

En el sector entre Corrales y Busbanzá las reservas del banco B se calculan en una cifra superior a 18 millones de toneladas, y de ellas más de cinco millones pueden explotarse mediante minería a cielo abierto (APDR, 2007).

El cálculo de reservas en la categoría de inferidas para el banco B, en el sector Didamon del municipio de Corrales, da una cifra de 7.779.200 toneladas (Ojeda, 2007).

Aspectos mineros

El sistema minero utilizado en la región, tanto en el sector Pesca-Betétiva como en el sector Duitama-Belén mediante explotación a cielo abierto, por terraceo; únicamente la empresa Acerías Paz del Río utilizó para la extracción de la caliza, en su mina Calizas, el método subterráneo de cámaras y pilares, pero actualmente este sistema está suspendido. En este sector se encuentran varias explotaciones de caliza para la producción de cal, las cuales no cuentan con un sistema de explotación definido.

En el sector se localizan hornos que procesan caliza, tanto en el municipio de Nobsa (90 hornos y cuatro en construcción, Impro Ltda., 1996), en la vereda Las Monjas de Tibasosa (ocho hornos) y unos pocos en Firavitoba;

la mayoría de las explotaciones dedicadas a esta producción carecen de un sistema de explotación técnica del recurso.

Calidad

Al oeste de Tibasosa y de Firavitoba, seis sucesiones de caliza, con intercalaciones locales de lodolita calcárea, cada una de un grosor comprendido entre 5 y 10,50 metros (Renzoni, 1981, columnas estratigráficas), con un contenido de CaO variable entre 45,58 y 50,36%. Los depósitos están presentes en el mapa en los afloramientos del Kit_3 y Kmt_1 hacia el sur de Firavitoba, en dirección a Pesca.

En la región de Belencito, la Empresa Paz del Río ha evaluado varios yacimientos con grandes reservas de caliza con un contenido de CaCO_3 que varía entre 95 y 97%, de SiO_2 entre 1 y 2% y de MgO entre 0,2 y 0,4%.

De acuerdo con los análisis efectuados tanto de testigos de perforación como de muestras provenientes de trincheras y afloramientos, el banco B tiene los tenores promedio que se muestran a renglón seguido (tabla 31).

Tabla 31. Análisis químico promedio del banco B

Banco	CaO (%)	Fe_2O_3 (%)	S	SiO_2 (%)	PPC (%)
B	52,81	<1,5	0,06	2,06	42,34

Los análisis correspondientes a la caliza de quince metros de espesor, aflorante en las quebradas Buntía y Ranchería, del municipio de Betétiva, muestreado cada cinco metros, se presentan a continuación (tabla 32).

Tabla 32. Calidad de la caliza en las quebradas Buntía y Ranchería, Betétiva

Afloramiento	CaCO_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)
Quebrada buntía y ranchería	(92,14 - 93,43)	(51,6 - 52,32)	<1,51	(0,56 - 0,77)	(1,11 - 1,97)

Fuente: Ulloa et al., 2003, p. 103.

Seguidamente se muestran los resultados de los análisis realizados a muestras de caliza de los afloramientos de Santa Rosa de Viterbo, El Calvario y Loma Montero (tablas 33, 34 y 35).

Tabla 33. Análisis químico de las calizas de Santa Rosa de Viterbo

Santa Rosa de Viterbo	CaCO ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)
Nivel inferior	(65,48-66,61)				
Nivel superior	(91,96-93,21)	(51,50-52,20)	(0,5-1,01)	<0,77	(0,76-1,95)

Fuente: Ulloa et al., 2003, p. 103.

Tabla 34. Análisis químico de las calizas de El Calvario, Cerinza

El Calvario	CaCO ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)
Nivel inferior*	(87,86-92,62)	(49,20-51,87)	(1,51-2,22)	(0,63-1,37)	(0,86-1,10)

*Análisis de cuatro muestras

Fuente: Ulloa et al., 2003, p. 103.

Tabla 35. Análisis químico de las calizas de Loma Montero, Belén

CaCO ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Insolubles
97,14	54,40	0,00	0,62	0,97	0,88
93,39	52,30	1,50	0,58	1,21	1,26
96,70	54,15	0,00	0,24	1,40	1,30
95,30	53,37	1,06	0,24	1,00	1,00
94,64	53,00	1,07	0,24	1,30	1,27
92,14	51,60	1,06	0,22	1,00	3,69
94,89	53,14	0,78	0,36	1,15	1,57

Fuente: Ulloa et al., 2003, p. 103.

Aspectos ambientales

En cuanto a los aspectos ambientales, “en razón de las operaciones propias de la minería de caliza a cielo abierto, el recurso hídrico superficial es el que recibe un mayor impacto. La cuenca del río Chiquito se ve afectada por los estériles de la actividad minera; las quebradas La Cañada, Salitre, Perique, La Nativa, El Estanquillo, quebrada Grande y Manglares son las más impactadas. El suelo se encuentra totalmente degradado; se conservan tan sólo pequeños relictos de vegetación arbustiva y fauna asociada. Dominan los paisajes erosionados y los afloramientos rocosos. En la zona se han plantado eucaliptos, los cuales se utilizan después para las labores en las minas.

La zona de influencia directa o específica está determinada por los predios donde se asientan las minas de caliza, especialmente en las veredas Diravitas y Las Monjas (Firavitoba), las de Carrera, Resguardo y Patrocinio (Tibasosa), las de Las Caleras, Chámeza Mayor y Menor (Nobsa) y Corrales. Por las operaciones de transporte, comercialización y utilización de calizas para el cemento, el área de influencia socioeconómica se extiende al sistema vial de interconexión con las fábricas de Cementos Boyacá (hoy Holcim) y Paz del Río (hoy Argos).

Los hornos que procesan la caliza se encuentran ubicados en el municipio de Nobsa (90 hornos y cuatro en construcción, Impro Ltda., 1996). En la vereda Las Monjas se localizan ocho hornos y en Firavitoba algunos que no están en servicio. Esta actividad se desarrolla artesanalmente, lo cual contribuye a la generación de emisiones atmosféricas (24 horas al día por ocho días que dura el proceso). Sólo se encuentra un horno tecnificado, en el municipio de Tibasosa.

Entre los impactos positivos inducidos por la actividad minera está la generación de empleo (318 directos en tres minas y 40 indirectos en transporte). El área de influencia socioeconómica directa está referida a los municipios de Firavitoba, Tibasosa, Nobsa y Corrales. La población se caracteriza por su evolución permanente dentro del ambiente minero, por cuanto ha sido una actividad que se ha transferido de generación en generación; las viviendas las ubican cerca de las explotaciones y allí desarrollan su vida social y familiar (5 personas/vivienda)” (Ingeominas, 1999c, pp. 122- 123).

Área calcárea 402 Villa de Leiva

Ubicada en el municipio de Villa de Leiva, en esta área los depósitos calcáreos están constituidos por travertino. Entre los tipos de depósitos de agua dulce se enumeran los carbonatos formados por los manantiales que salen a la superficie cargados de bicarbonato de calcio; éste precipita al contacto con la atmósfera por cambios de temperatura y de presión, y se transforma en carbonato.

La cantera en explotación se encuentra dos kilómetros al sur del pueblo homónimo; la capa de travertino es de color crema claro, de aproximadamente 500 metros de longitud, por 150 metros de ancho y 17 metros de espesor. Es una cubierta irregular que deja aflorar sectores de lutitas abigarradas de las rocas cretácicas subyacentes. Este material se depositó durante el Cuaternario, como lo atestigua la presencia de molares de mastodonte.

En cuanto a la importancia económica para Villa de Leiva, se anota que la roca que representa ingreso económico es el yeso, ya que la explotación de

travertino es intermitente y se extrae en respuesta a pedidos (Ujueta, 1960), en particular para enchapes de paredes y pisos. No se conoce información actual sobre la explotación de travertino en esta área.

Otras áreas calcáreas

Afloramientos en el norte de Belén, Susacón, Soatá y Tipacoque

Respecto a los afloramientos de caliza al norte de Boyacá (figura 41), en los municipios que limitan con el departamento de Santander, en el *Boletín Geológico*, 24/(3) de Ingeominas se menciona que “los bancos de caliza de mayor espesor y más abundantes se encuentran dentro de las formaciones del Cretáceo, especialmente en el Tibú-Las Mercedes y Capacho. Algunos delgados bancos de calizas marmóreas se encuentran dentro de la Formación Floresta Metamorfoseada, al sureste de Molagavita y al este de Mogotes” (estos afloramientos se tratan en el área de Santander).

Afloramientos en el occidente de Boyacá

Sin embargo, no se establecen número ni espesor, ni tampoco calidad de los bancos; el único comentario al respecto es que “a causa de los abundantes y grandes afloramientos de calizas en el área, no hay problemas de abastecimiento de este producto y por tanto los esfuerzos investigativos se dirigieron hacia otros recursos necesarios y menos conocidos” (Vargas et al., 1992).

En el occidente del departamento de Boyacá (figura 42) se encuentran algunas explotaciones de caliza, restringidas a rocas de la Formación Rosablanca, en el municipio de San Pablo de Borbur, y a rocas de la Formación Tablazo en los municipios de Sáchica y Ráquira, donde se explota para la fabricación de cal (Ingeominas, 1999; Ingeominas, 2005, *Informe 1794*, p. 119). No se cuenta con información disponible sobre las características de los mantos, calidad y reservas.

Sáchica

En el nororiente del municipio, en la vereda El Arrayán, en la cantera denominada Santa Teresita, se explotan calizas con un contenido de CaCO_3 entre 70 y 87%. La explotación es a cielo abierto, mediante perforación y voladura; el cargue y transporte del material lo realizan retroexcavadoras y volquetas, así como trituradoras de mandíbulas para la obtención de gravillas, rocas para filtro, base

granular, subbase y caliza cementera, esta última para Cementos Andinos (Carrillo & Castillo, 2003).

Las calizas corresponden a la Formación Rosablanca (Kir), conformada por una alternancia de bancos de caliza de diversos espesores, desde capas de 0,2 metros hasta bancos de 2 metros, con un espesor promedio de 25 metros. La distribución de calidad no es uniforme y presenta contenidos de carbonato de calcio mayores en el piso del paquete calcáreo. El cálculo de reservas explotables es de 4.823.997,7 toneladas (Carrillo & Castillo, 2003).

Gachantivá

El municipio de Gachantivá está situado en la región central del departamento, entre los municipios de Moniquirá, al norte, y Villa de Leiva, al sur. Rosas & Villegas (1982) refieren extensos yacimientos de caliza en los alrededores de esta población, dentro de la Formación Rosablanca, los cuales ofrecen características geológicas particularmente favorables para su explotación en el eje del Anticlinal de Oiba.

Las reservas indicadas, calculadas sobre un área de dos kilómetros cuadrados (20% del área aflorante de la Formación Rosablanca), profundidad de cinco metros y gravedad específica de 2,7 ton/m³, dan una cifra de 27 millones de toneladas, cifra “que se elevaría considerablemente al incluir otras áreas aledañas situadas fuera del mapa” (Rosas & Villegas, 1982).

En lo referente a su utilización, se prevé su empleo como material calcáreo en la producción de cemento y como cal para uso agrícola.

Rondón

En la vereda Los Laureles, del municipio de Rondón, hay tres bancos calcáreos correspondientes al miembro superior de la Formación Tabacosa. Las reservas calculadas para este sector se muestran seguidamente (tabla 36).

Tabla 36. Reservas del municipio de Rondón

Banco	Reservas (ton)		
	Medidas	Indicadas	Inferidas
Gibraltar	162.781	799.125	1.598.250

Fuente: Cárdenas & Bohada, 1993.

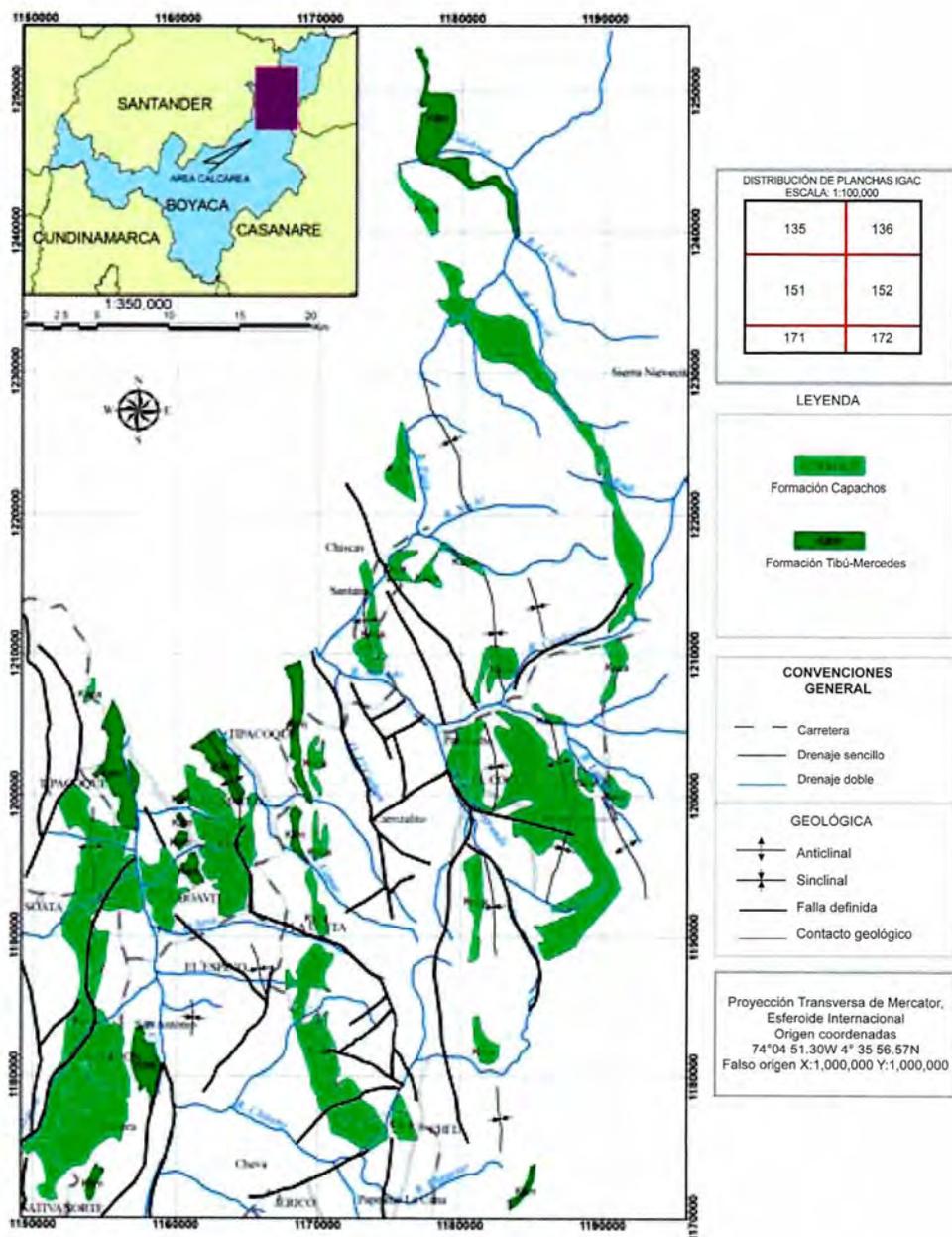


Figura 41. Afloramientos de caliza en el norte de Boyacá.

Fuente: Geominas.

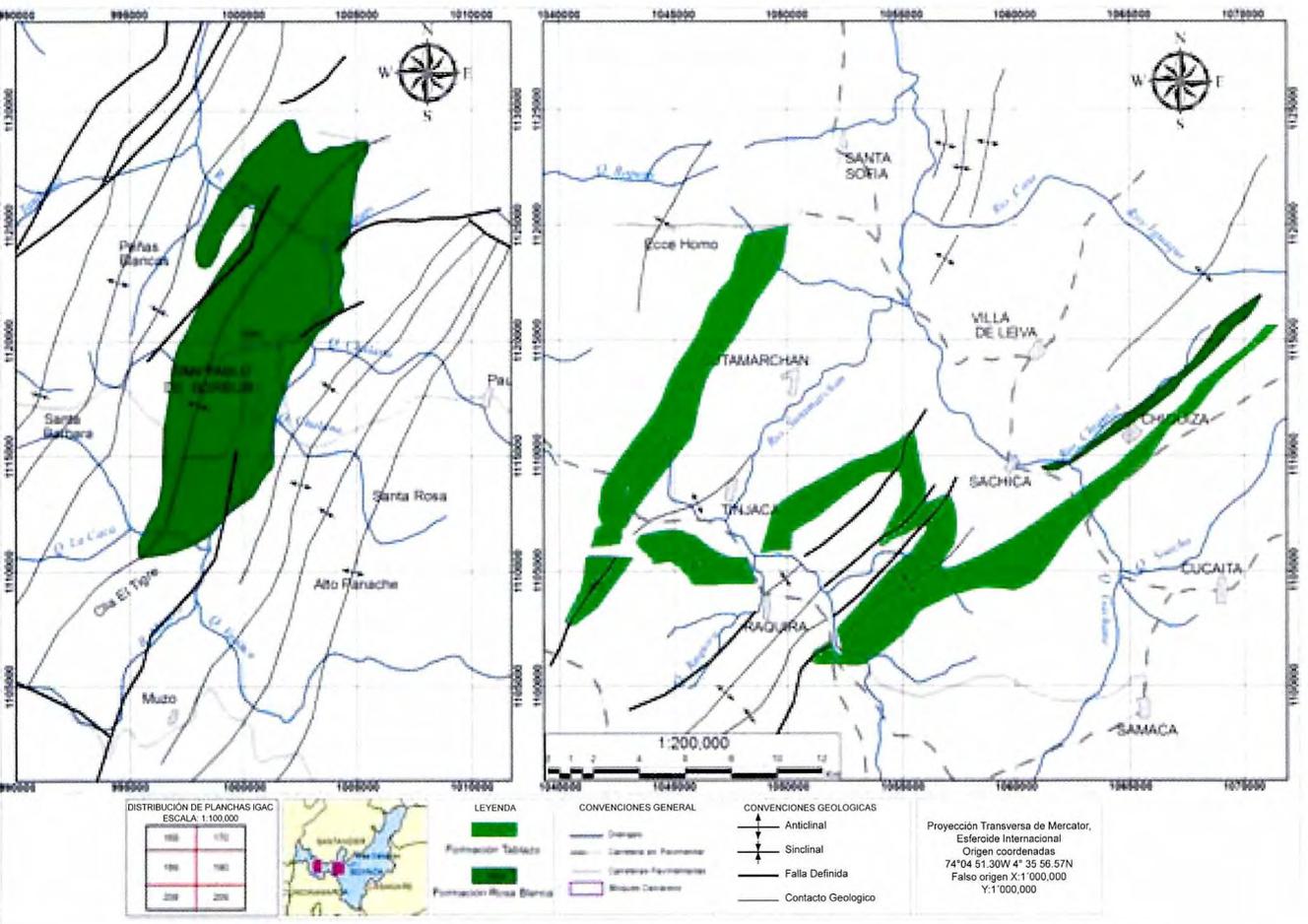


Figura 42. Afloramientos de caliza en el occidente de Boyacá.

Fuente: Ingeominas.

Potencial y perspectivas

El departamento de Boyacá es una de las áreas calcáreas más explotadas y mejor conocidas. Sus reservas medidas son superiores a 30 millones de toneladas, las indicadas son mayores de diez millones de toneladas y las inferidas, superiores a ocho millones de toneladas, pero se desconoce su potencial en reservas de caliza de la Formación Rosablanca, en el norte de Boyacá, y los afloramientos del occidente del departamento.

Zona calcárea 5 Santander

La zona calcárea 5 corresponde al departamento de Santander, localizado en el nororiente del país (figura 20, zona 5).

Localización, extensión y vías de comunicación

Ubicado en el nororiente de Colombia, limita por el norte con los departamentos de Bolívar, Cesar y Norte de Santander; por el oriente con Norte de Santander y Boyacá; por el sur con Boyacá, y por el Occidente con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Antioquia y Bolívar (figura 43). Tiene una extensión territorial de 30.537 km² (Igac, 2008, p. 616).

El departamento cuenta con una aceptable red de carreteras que conectan a casi todos los municipios; la carretera troncal pasa por los municipios de Barbosa, Socorro y Bucaramanga, y de allí se desprenden ramales a la mayoría de los núcleos urbanos. De Barbosa sale la carretera del Carare, que llega hasta Puerto Olaya y pasa por Vélez y Cimitarra; otras carreteras unen a Bucaramanga con Cúcuta, Barrancabermeja y Puerto Wilches; otra vía cruza al oriente del departamento, por las localidades de Capitanejo, San José de Miranda, Concepción y Cerrito.

El río Magdalena es navegable para embarcaciones pequeñas y tiene en Barrancabermeja el principal puerto fluvial del departamento; los ríos Carare, Lebrija y Sogamoso permiten la navegación en algunos sectores.

Aspectos físicos

El territorio santandereano está caracterizado por la presencia de dos grandes conjuntos morfológicos: el Magdalena Medio y la cordillera Oriental.

El Magdalena Medio se caracteriza por una topografía plana en el extremo occidental, correspondiente a la planicie aluvial del río Magdalena, y ondulada hacia la parte oriental, correspondiente a un conjunto de colinas de baja altitud y valles aluviales, en los ríos Carare, Opón, Sogamoso y Lebrija; el clima es cálido y húmedo (Igac, 2008, p. 616).

La cordillera Oriental, de suroeste a noreste, ocupa la mayor parte del departamento. Se destacan cuatro regiones: el macizo o nudo de Santurbán, en el noreste, con pisos térmicos y condiciones de humedad; el cañón del río Chicamocha, en el centro, una fosa de aproximadamente 1500 metros de profundidad que recorre el departamento de sureste a noroeste y presenta climas cálido semiárido y templado semiárido; la cordillera de los Lloriqués, en el centro, con variados pisos térmicos y alta condición de humedad, y por último la cuenca del río Suárez, en el suroriente, con diferentes pisos térmicos y régimen de humedad predominantemente semihúmedo.

Aspectos ambientales y sociales

En el departamento de Santander se encuentran el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, el parque Miraflores, el parque El Gallineral, La Mesa de Los Santos y recientemente se inauguró el Parque Natural del Chicamocha, en el cañón de su río homónimo, localizado entre San Gil y Bucaramanga.

El departamento tiene una población total de 1.957.789 habitantes, distribuidos en 87 municipios y su capital es Bucaramanga. En relación con la cobertura de servicios públicos, el 82,6% de la población tiene servicio de acueducto, el 72,5% tiene servicio de alcantarillado, el 95,5% servicio de energía eléctrica, el 58% servicio de telefonía fija y el 50,9% cuenta con servicio de gas natural.

Áreas calcáreas

En lo que tiene que ver con la geología de los depósitos y unidades calcáreas, la zona calcárea 5 Santander se encuentra ubicada en la parte noroccidental del departamento de Boyacá, y en su prolongación hacia el norte, dentro de la región occidental de este departamento. En el oriente de esta región se hallan otros depósitos calcáreos, de menor importancia, en cercanías de la carretera Pamplona-Bucaramanga.

En esta amplia zona calcárea se distinguen superficies en las cuales se aprecian variaciones estratigráficas laterales y verticales en las diferentes unidades, además de rasgos tectónicos de gran amplitud. Por este motivo, se subdivide la zona en las siguientes áreas calcáreas (figura 43):

- Área calcárea 501 La Cumbre-Zapatoca
- Área calcárea 502 Aguada-El Conchal
- Área calcárea 503 Molagavita-Pangote

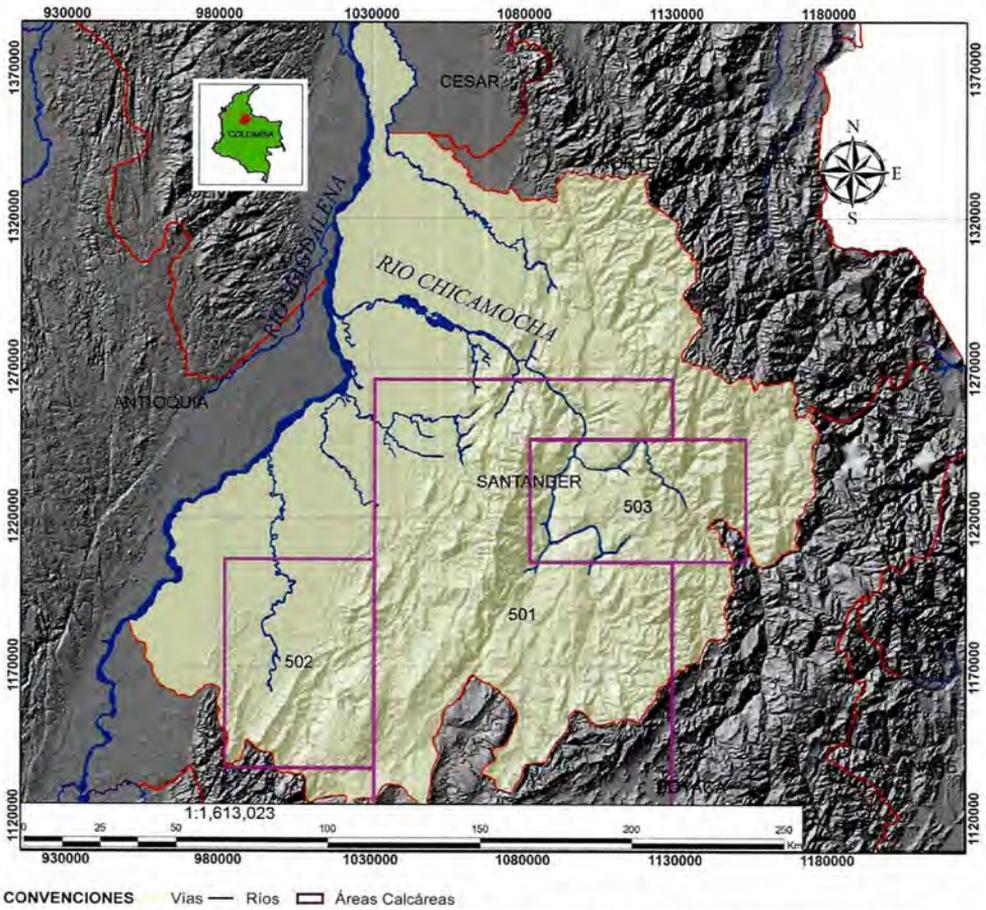


Figura 43. Localización de la zona calcárea 5 Santander y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Área calcárea 501 de La Cumbre-Zapatoca

El área calcárea 501 se extiende desde la localidad de Moniquirá (Boyacá) en el sur y Bucaramanga en el norte. Se observan afloramientos sobre la vía que une Tunja con Arcabuco, Moniquirá y Barbosa (figura 44). Allí se cruzan dos conjuntos calcáreos importantes: el inferior, constituido por la Formación Rosablanca, y el superior, conformado por dos gruesos niveles calcáreos ocurrentes en la Formación San Gil inferior, equivalente en parte a la Formación Tablazo (figura 45).

La cartografía geológica de estas dos unidades se basa en el levantamiento de la plancha 171-Duitama (Renzoni & Rosas, 1983), la plancha 191-Tunja (Renzoni et al., 1983) y sus respectivas memorias explicativas (Renzoni, 1981, plancha 2, columnas 1 y 2), realizadas en los años 1965 y 1967 y publicadas posteriormente; estas unidades continúan hacia Bucaramanga, por lo cual se consultan los levantamientos cartográficos de la plancha 151-San Gil (Pulido, 1985), plancha 135 (Pulido, 1979) y cuadrángulo H-12 (Goldsmith et al., 1977).

El primer depósito, expuesto de manera excelente sobre la carretera que conduce de Tunja a Moniquirá, está constituido por 148 metros de capas de caliza en sucesión, apenas interrumpida por esporádicas intercalaciones de arcillolitas negras, no mayores de cinco metros de espesor. Esta formación sigue sin cambio por otros 32 kilómetros al noreste de Togui, hasta el límite septentrional de la plancha 171, y continúa más hacia el norte.

En la localidad de Aguada se levanta el Anticlinal de Los Cobardes, que sigue hasta proximidades de la falla de Bucaramanga; sobre el flanco oriental del anticlinal, la unidad se desarrolla desde Aguada hasta Palmar, pasa al oeste de Guadalupe, Chima, Simácota por 42 kilómetros, y alcanza una longitud total de 74 kilómetros; en sus afloramientos un poco más orientales, la Formación Rosablanca (Kir) perfila anticlinales y sinclinales, extendiéndose por San José, Socorro, San Gil y Barichara a lo largo de 94 kilómetros.

Al este de San Gil, entre Ocamonte (plancha 151) y Zapatoca (cuadrángulo H-12), se encuentran los afloramientos más orientales que han proseguido hasta Matanzas (H-12), completándose así el área calcárea 501. En resumen, la Formación Rosablanca (Kir) se extiende en esta área calcárea por aproximadamente 240 kilómetros, manteniendo su potencia dentro de variaciones locales. Sobre estos grandes depósitos, poco conocidos y explotados en San Gil únicamente por Cemento San Gil, y en Suratá y Tona (en las inmediaciones de Bucaramanga) por Cementos Diamante, se hace referencia en el próximo aparte. Se cuenta, además, con poca información sobre su calidad, potencial y cuantificación.

Pertencen a esta primera unidad litoestratigráfica las canteras de San Gil, Suratá y Tona.

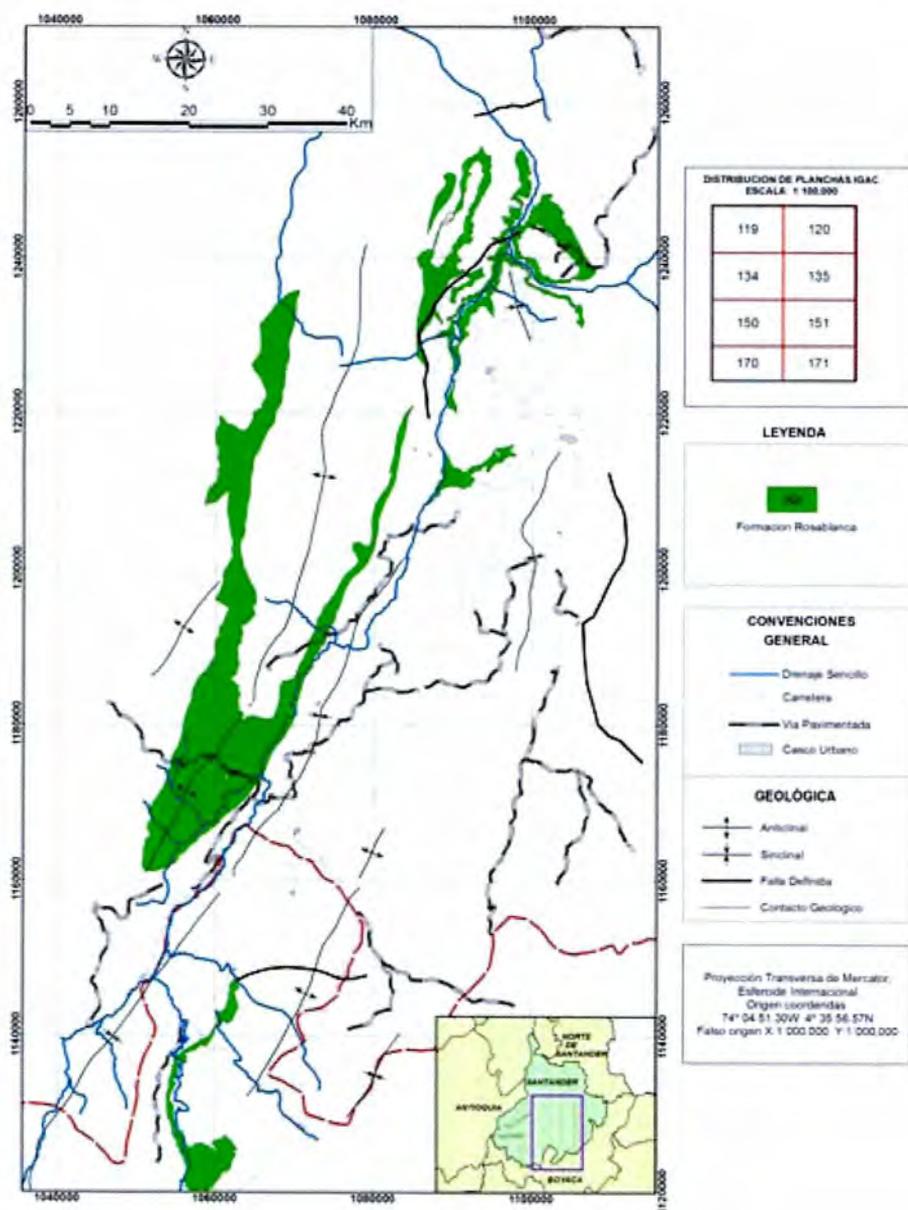


Figura 44. Área calcárea 501 La Cumbre-Zapatoca.

Fuente: Ingeominas.

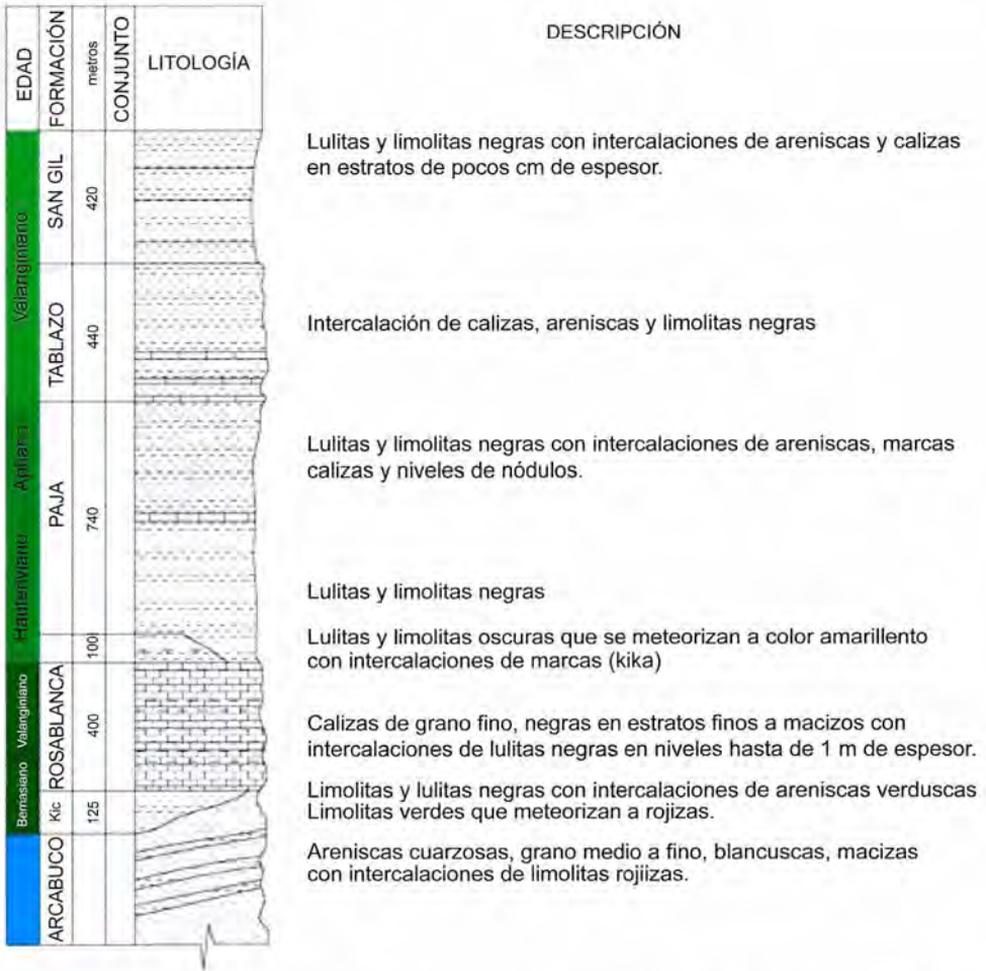


Figura 45. Columna estratigráfica de las formaciones Arcabuco, Cumbre, Rosablanca, Paja, Tablazo y San Gil.

Fuente: Ulloa & Rodríguez, 1979.

Cantera de San Gil

La fábrica de cementos especiales San Gil utiliza la caliza de la Formación Rosablanca, localizada en el oriente de la ciudad (Ward et al., 1970, p. 67, figura 2; Pulido, 1979, mapa geológico).

Cantera de Suratá

Está emplazada en el norte de Bucaramanga (H-12, H-13), sobre una faja de Rosablanca que de Cachirí se dirige a Tona, pasando por Suratá y Charta (Ward et al., 1970, figura 2). La única evaluación a disposición es la de Wokittel (1957, pp. 1, 5-7, figura 1), quien describe la ocurrencia al este de Suratá, en la localidad El Peñón, de una sucesión de 30-50 metros de espesor, formada por capas de calizas con contenido de CaO de 50,95 a 53,55% y de MgO entre 0,76 y 1,30%; se calcula un potencial superior a cinco millones de toneladas para este yacimiento. Cementos Diamante explotó esta cantera durante muchos años, hasta que el tajo abierto se profundizó en exceso. Simultáneamente, esa explotación afectó al acueducto de Bucaramanga, razón por la cual se desplazó la extracción de la caliza hasta Tona.

Cantera de Tona

Dentro del municipio homónimo se observó un conjunto calcáreo de 50 metros de espesor, cuatro kilómetros de longitud y perteneciente a la Formación Rosablanca; corresponde al conjunto que pasa por El Peñón, anteriormente citado. El conjunto se estudió con el fin de suministrar cal agrícola a la región. Sandoval (1954, pp. 9-13) calcula un potencial de 68 millones de toneladas, en la categoría de reservas “reales”, sobre un recorrido de 1820 metros, extraíbles mediante tajo abierto de 600 metros. Los análisis de las muestras indican contenido de CaCO_3 entre 91,80 y 97,91% y contenido de MgO de 0,12%. Posteriormente, Cementos Diamante explotó esta caliza. El potencial total calculado para las canteras de Suratá y Tona alcanza unas 73 millones de toneladas.

El segundo depósito dentro de esta área calcárea 501, aunque es grande, es menos conocido que el anterior. Se trata de la Formación San Gil inferior (Kmsg1), la cual se manifiesta en dos conjuntos calcáreos en cercanías de Monquirá; el conjunto inferior, único interesante como portador de caliza, tiene un espesor aproximado de 190 metros. Esta unidad corresponde, en todo o en parte, a la Formación Tablazo (Kit) descrita en la localidad homónima, sobre el puente que cruza el río Sogamoso, por la carretera que va de Bucaramanga a San Vicente de Chucurí. Especial-

mente los afloramientos de la Formación Tablazo muestran un conjunto calcáreo potente, sin intercalaciones, de buena calidad a la vista.

Desde Monquirá, en dirección al norte, la Formación Tablazo (Kit), en sus afloramientos más occidentales, llega hasta Cuesta Rica pasando por Chima, Simácota (plancha 151), Galán (plancha 135) y San Vicente de Chucurí (H-12).

Otra franja, un poco más al oriente de la anterior, llega hasta lugares próximos a Confines (donde cambia de facies a arenitas de cuarzo), pasa por Santana y Guapotá (151) y prosigue luego por Socorro (135), hasta Villanueva (H-12).

La franja más oriental de la Formación Tablazo se inicia en El Encino (plancha 151) y continúa sólo hasta Curití (plancha 135). En esta franja se conocen la cantera de Curití y la de Puente Nacional.

Cantera de Curití

Cerca de la carretera que conduce hacia Bucaramanga, existe una antigua explotación donde la caliza se extrae para utilizarla como material de construcción y ornamentación. No se conoce información adicional al respecto (Rodríguez, 1987, p. 758).

Por tanto, la Formación Tablazo se extiende por una longitud considerable, pero hace falta obtener información detallada porque las pocas descripciones existentes indican una unidad con intercalaciones arcillosas y areníticas de cuarzo.

Actualmente se tiene planeado un proyecto minero para explotación de caliza en los municipios de Curití y Jordán (Holcim, 2010), veredas Macaregua, El Placer, Árbol Solo, quebrada Seca, El Pozo, Hato Viejo, El Espinal, La Lajita. A la zona se accede por la carretera entre San Gil y Barichara, y a la altura del kilómetro 14 se desprende un ramal que conduce al municipio de Villa Nueva, en un trayecto de 6,2 kilómetros. A partir de allí, hacia el norte, por carretera destapada y una distancia de 17,8 kilómetros se llega a la hacienda Quebrada Seca, ubicada dentro del área del proyecto minero.

En este sector afloran niveles de caliza de la Formación Rosablanca y la Formación Paja, las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

En la Formación Rosablanca, que alcanza un espesor de 300 metros, se diferencian tres macrosecuencias faciales o segmentos, relacionados con los niveles de caliza potencialmente explotables como fuente de materia prima para la fabricación de cemento. El nivel definido para ser explotado corresponde a la base del segmento II. Para efectos del proceso de minería se ha dividido el área del polígono A en diez sectores, cuatro de los cuales corresponden a la Formación Rosablanca (Holcim, 2010).

Por otra parte, en la base de la Formación Paja se encuentra un nivel de calizas biomicríticas y biosparíticas de color gris claro y oscuro, con un espesor máximo de diez metros, el 70% de los cuales se puede recuperar como materia prima para cemento. El área para el desarrollo de una explotación sobre este nivel son las partes central y sur del polígono A y todos los sectores de minería del polígono B (Holcim, 2010, cuadro anexo).

Se calcula una cifra de reservas en categoría de inferidas de 135 millones de toneladas. Su uso está proyectado para carbonato de calcio y materia prima en la industria de cemento (Holcim, 2010, cuadro anexo).

Puente Nacional

Localizado en la vereda San Miguel, a pocos kilómetros al suroeste de Jesús María. Corresponde a un banco de caliza con doce metros de espesor; el contenido de CaO es de 44,28% y el de MgO de 0,24% (Rodríguez, 1987, p. 758); existe evidencia de una pequeña explotación local.

Área calcárea 502 Aguada-El Conchal

Las rocas calcáreas del área 502 se desarrollan al occidente de la cordillera Oriental, bañada por los tributarios de los ríos Suárez y Sogamoso, y más al oeste, por los ríos Carare, Opón y Lebrija.

Ocurren las dos formaciones calcáreas (Rosablanca y Tablazo) que recorren muchos kilómetros en Santander y en el norte de Boyacá. Se observan en áreas de las planchas 170 y 150 Aguada, para proseguir luego en la región Nuevo Socorro, El Carmen y, probablemente, en San Vicente de Chucurí (figura 46). En este lugar pueden desviarse en profundidad hacia el oeste en el Sinclinal de Nuevo Mundo o unirse en San Vicente de Chucurí con los afloramientos más occidentales de la franja componente 501. Se desconocen datos sobre el potencial y la calidad de estos conjuntos calcáreos.

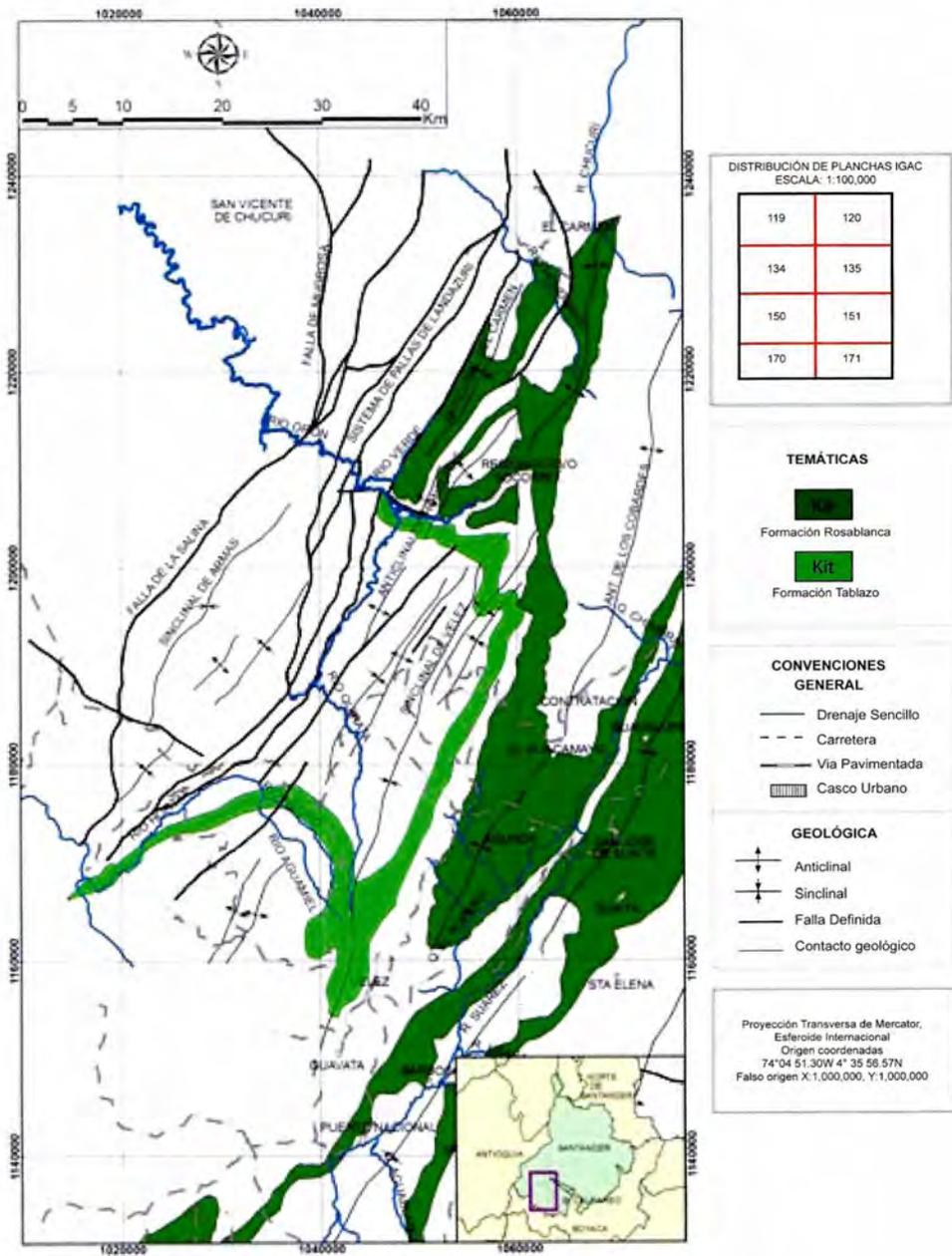


Figura 46. Área calcárea 502 Aguada-Conchal.

Fuente: Ingeominas.

Área calcárea 503 de Molagavita-Pangote

Las rocas calcáreas de esta área se desarrollan en la parte oriental del departamento de Santander, entre El Portillo y Molagavita, entre Málaga y Pangote (figura 47). Se desconoce información sobre calidad o uso acerca de las dos franjas de la Formación Rosablanca que se extienden desde Málaga hasta El Portillo y pasan por Curití y Jordán.

A cinco kilómetros de la población de Málaga, sobre la vía a Concepción, se observan hornos de calcinación de cal (fotos 1 y 2), de propiedad de los dueños de los terrenos, los cuales con una minería artesanal explotan la caliza, la rajonean y la queman para la producción de cal agrícola. Igualmente, se puede apreciar el uso de retal de piso que le dieron a estas calizas, al enchapar con ellas el parque principal de esta localidad (foto 4).

Potencial y perspectivas

En cuanto al potencial y las perspectivas del área calcárea 5 Santander, se puede concluir lo siguiente:

La Formación Rosablanca (Kir) se extiende en el área calcárea La Cumbre-Zapatoca por aproximadamente 240 kilómetros y mantiene su potencia dentro de variaciones locales, aunque se desconoce su calidad. De estos grandes depósitos poco conocidos, y explotados en San Gil por Cemento San Gil, y en Suratá y Tona (en las inmediaciones de Bucaramanga) por Cementos Diamante, también se desconocen sus potenciales. Se relata la ocurrencia al este de Suratá, en la localidad El Peñón, de una sucesión de 30-50 metros de espesor, formada por capas de calizas con contenido de CaO de 50,95 a 53,55% y de MgO entre 0,76 y 1,30%; se calcula que el yacimiento tiene un potencial superior a cinco millones de toneladas.

En cuanto a la cantera de Tona, allí se observó un conjunto calcáreo de 50 metros de espesor y cuatro kilómetros de longitud, pertenecientes a la Formación Rosablanca. Al conjunto, estudiado con el fin de suministrar cal agrícola a la región, se le calculó un potencial de 68 millones de toneladas, en la categoría de reservas “reales”, sobre un recorrido de 1820 metros, extraíbles a tajo abierto de 600 metros. Los análisis de las muestras indican un contenido de CaCO_3 entre 91,80 y 97,91% y un contenido de MgO de 0,12%. Años después, Cementos Diamante explotó esta caliza.

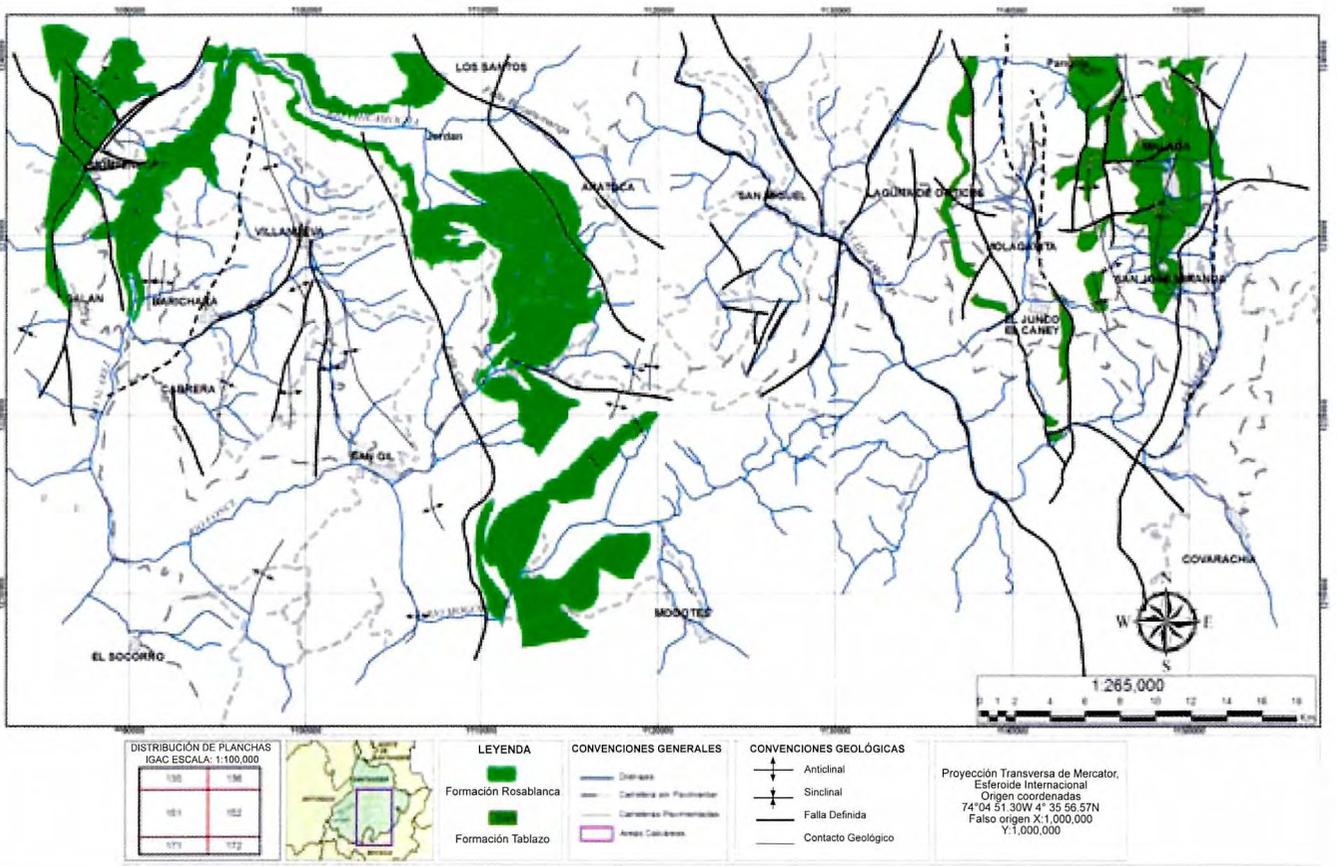


Figura 47. Mapa geológico del área calichea 503 Molagavita-Pangote.
Fuente: Ingeominas.



Foto 1. Horno de calcinación sobre la vía Málaga-Concepción.



Foto 2. Explotación de roca calcárea sobre la vía Málaga-Concepción.



Foto 3. Uso de las rocas calcáreas como ornamentación en el parque principal de Málaga (Santander) y detalle del piso.

El potencial total calculado para las dos canteras de Suratá y Tona alcanza 73 millones de toneladas, pero las posibilidades de esta formación son aún mayores.

La Formación San Gil (Kmsg1) es el segundo gran depósito dentro de esta zona calcárea, mucho menos conocido que el anterior; se manifiesta como dos conjuntos calcáreos en cercanías de Monquirá. El conjunto inferior indica que es el único interesante como portador de caliza; tiene un espesor aproximado de 190 m. Esta unidad corresponde en todo o en parte a la Formación Tablazo (Kit), cuyos afloramientos muestran un conjunto calcáreo potente, sin intercalaciones, de buena calidad a la vista. Por tanto, la Formación Tablazo sigue por muchos kilómetros, pero hace falta obtener más detalles porque las pocas descripciones existentes indican una unidad con intercalaciones arcillosas y areníticas de cuarzo.

En conclusión, las posibilidades del área calcárea 5 Santander de ofrecer recursos calcáreos son inmensas; con todo, no se ha intentado cuantificarlas, e igualmente se desconocen las características químicas afuera de las explotaciones realizadas. Los pocos datos conocidos son insignificantes con respecto a la magnitud del potencial encerrado en sus afloramientos.

Zona calcárea 6 Norte de Santander

La zona calcárea 6 corresponde al departamento de Norte de Santander, localizado en el nororiente del país (figura 20, zona 6).

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Norte de Santander está situado en el noreste de la región andina del país; limita por el norte y el este con la República Bolivariana de Venezuela, por el sur con los departamentos de Boyacá y Santander, y por el oeste con los departamentos de Santander y Cesar.

La carretera Panamericana recorre el territorio departamental; de esta vía se desprenden ramales secundarios que conectan las cabeceras municipales de Cácuta, Chitagá, Labateca, Toledo, Mutiscua, Chinácota, Ragonvalia, Herrán, Bochalema y Duranía. De Cúcuta parten varias carreteras que unen la capital del departamento con Arboledas, Cucutilla, Los Patios, Puerto Santander, Salazar, Santiago, Gramalote, El Zulia, San Cayetano, Lourdes, Sardinata, Ábrego, Ocaña, Hacarí, Convención, San Calixto, Teorama y El Carmen.

El departamento cuenta con el aeropuerto internacional Camilo Daza en Cúcuta y el aeropuerto Aguas Claras en Ocaña, de carácter nacional, y tiene además varios aeropuertos de carácter regional. El departamento posee su aerolínea, llamada Region Air, que vuela a Cúcuta, Ocaña, Barranquilla, Bogotá, Medellín y Bucaramanga.

Aspectos físicos

El departamento de Norte de Santander se caracteriza por tener tres regiones diferentes: la primera, la serranía de los Motilones, es una región muy quebrada, con partes altas aún cubiertas de selva; la segunda está compuesta por el ramal que se desprende del nudo de Santurbán y presenta alturas de hasta 3329 metros, como el páramo el Tamá, y la tercera, correspondiente a la vertiente y el valle del Catatumbo, es una región muy húmeda, de altas precipitaciones y con población bastante dispersa.

Ofrece en su territorio una gran diversidad de climas y microclimas. En los alrededores de El Zulia, San Cayetano, Sardinata y Tibú se registran las temperaturas más altas (29 °C), mientras que las más frías ocurren en los municipios de Silos y de Mutiscua; por las características de relieve se presentan los pisos cálido, templado y frío. El régimen de lluvias varía de norte a sur: se alcanzan los valores más altos de 5000 milímetros en correspondencia del río Margua y los menores, inferiores a los 1000 milímetros, en los alrededores de Pamplonita y Villa del Rosario.

Un rico sistema hidrográfico recorre el departamento con tres cuencas de gran importancia: al norte, la del río Catatumbo que drena sus aguas hacia el lago de Maracaibo, al oeste la del río Magdalena, y al suroeste, la del río Orinoco; según la altura, se observa vegetación desde la graminoide de páramo hasta los bosques densos y heterogéneos en el Catatumbo. Las diferencias de altura cumplen además un papel clave en las actividades de la población, en el desarrollo de la ganadería y en los tipos de cultivo (arroz, café, caña de azúcar, cacao, papa, cebolla); naturalmente, la población se dedica también a la minería.

Áreas calcáreas

La zona calcárea 6 está localizada, en cuanto a ocurrencia de unidades calcáreas con sus depósitos, en la cordillera Oriental, al sur de la línea Bochalema-Chinácota. Un poco más al norte de la misma línea, la cordillera empieza

a cambiar de rumbo hacia el NNW, después de su bifurcación al separarse de la cordillera de Mérida.

La recopilación geológica se basa en los trabajos geológicos originales que sirven para ilustrar la estratigrafía y la tectónica del área, y su referencia se menciona en la bibliografía citada.

De acuerdo con las características geológicas de las sucesiones estratigráficas y sus edades, se definen seis áreas calcáreas, denominadas y codificadas en la siguiente forma (figura 48):

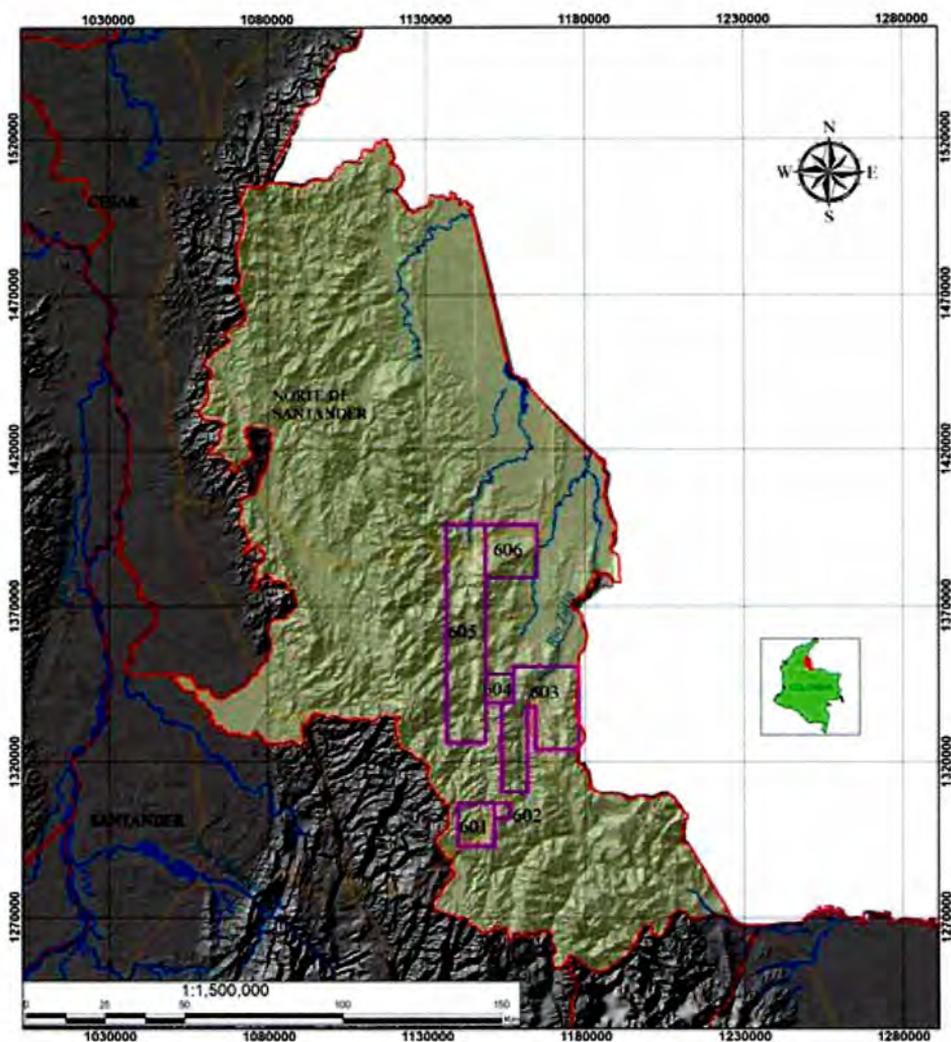
- Área calcárea 601 Mutiscua y Silos
- Área calcárea 602 Rosario-El Diamante
- Área calcárea 603 Cúcuta-Pamplona
- Área calcárea 604 La Donjuana-Durania
- Área calcárea 605 Santiago-Arboledas
- Área calcárea 606 Santiago-Sardinata

En relación con los aspectos geológicos del departamento, en su parte meridional, cerca de Pamplona, ocurren unidades geológicas con características estratigráficas que indican que las unidades provenientes de Boyacá se prolongan hasta el sur de Norte de Santander, como por ejemplo el Paleozoico sedimentario, el Jurásico y el Cretácico; la Formación Rionegro, de edad Berriasiano-Aptiano inferior, sigue hasta Herrán, en tanto que la carretera Ragonvalia-Villa del Rosario y las formaciones Silgará y Girón indican la prolongación del Complejo de Bucaramanga en dirección Bucaramanga-Pamplona.

Para el interés de este trabajo, entran a Norte de Santander los Neis de Bucaramanga, con migmatitas, cuarcitas y mármoles que se observan en Mutiscua, Silos y Berlín (Ward et al., 1973), de edad correspondiente al Precámbrico tardío. También se observan rocas de bajo metamorfismo, como cuarcitas, filitas, esquistos y locales ocurrencias de mármoles, conocidas como Formación Silgará. En el área de Cucutilla y Labateca se aprecian intercalaciones de calizas fosilíferas en las unidades carbonianas (Ingeominas, 1999i, pp. 14-15).

Al norte, la cordillera Oriental se dirige hacia el nor-noreste; aquí las unidades calcáreas cretácicas se localizan sobre la vertiente oriental de la cordillera Oriental y pertenecen a las sucesiones de la cuenca de Maracaibo, cuya esquina suroccidental llega a ocupar los dos tercios del mapa G-13 (Colpet, 1967b, mapa), es decir, toda el área al oriente de las fallas de Gramalote y de Las

Mercedes. Las calizas son comunes en la Formación Uribante, específicamente como secuencias continuas en las partes media y superior del miembro Tibú, como intercalaciones dentro del miembro Mercedes y en las formaciones Cogollo y La Luna, al igual que en la parte superior de la Formación Mito Juan, todas del Cretácico (Colpet, 1967b).



CONVENCIONES — Vías — Ríos — Áreas Calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 48. Localización de la zona calcárea 6 Norte de Santander y distribución de las áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

El miembro Tibú tiene espesor variable entre 107 y 166 metros y consta en la base de cinco a doce metros de arenitas de cuarzo y ortoclasa algo conglomeráticas, seguidas por una sucesión de calizas duras, fosilíferas, que alcanzan espesores entre los 95 y los 160 metros; el miembro Mercedes consta de calizas, generalmente arenosas, intercaladas con arcillolitas fisiles algo calcáreas y con arenitas de cuarzo, calcáreas y glauconíticas.

La Formación Cogollo consta de arcillolitas fisiles negras, con algunas intercalaciones de calizas fosilíferas; la Formación La Luna contiene calizas duras, fosilíferas, especialmente abundantes en la parte superior, donde alternan con arcillolitas fisiles negras y calcáreas. En la Formación Mito Juan prevalecen las arcillolitas fisiles, con delgadas intercalaciones de caliza, en la parte superior de la unidad (Colpet, 1967b, mapa).

Con la información suministrada por el mapa de Colpet (1967), la unidad que ofrece más conjuntos calcáreos para su explotación son las calizas del miembro Tibú. Información igualmente detallada se encuentra en los trabajos de Martínez (1964) y de Ingeominas (1999i), ligados mucho más estrechamente a la evaluación de los depósitos calcáreos y a su explotación.

“Las formaciones sedimentarias de edades cretácicas y terciarias están encajonadas entre las dos cordilleras y son la continuación en el extremo suroccidental de aquellas de la cuenca de Maracaibo. El complejo ígneo- metamórfico ocupa el área occidental del cuadrángulo y está limitado por la falla de Las Mercedes, que buza hacia el oeste con rumbo NS, en el tramo septentrional, y con rumbo NE-SW en su parte meridional. A consecuencia de la falla, el complejo ígneo-metamórfico cabalga hacia el este sobre los estratos cretácicos y terciarios” (Colpet, 1967b, mapa). Entre las fallas Las Mercedes y Aguardiente-Gramalote ocurre el Anticlinal Aguardiente, que hace aflorar los esquistos de la Formación Silgará, probablemente precámbrica. La falla del Aguardiente-Gramalote limita al oriente con los sedimentos plegados del Cretácico y del Terciario.

Para la información de calidad y cuantificación de recursos y reservas, se recurre a los trabajos de Martínez (1964), Colpet (1967), Ward et al. (1970), e Ingeominas (1999).

Entre los recursos naturales no renovables de mayor importancia en el departamento del Norte de Santander están los materiales de construcción, y entre estos últimos se destacan la caliza y el mármol, que según la clasificación de Ingeominas (1999i, p. 23) se distribuyen de la siguiente manera (tabla 37 y figura 49):

Tabla 37. Distribución de número de minas por grupo de mineral

Grupo	Mineral	Número de minas	%
I	Metales y minerales preciosos (oro)	2	0,49
II	Metales básicos (Cu)	5	1,22
III	Metales de la industria del acero	0	0,00
IV	Metales especiales	0	0,00
V	Minerales industriales (caolín, barita, fluorita, roca fosfórica, asfáltica)	27	6,57
VI	Minerales energéticos (carbón)	188	45,74
VII	Materiales de construcción (caliza, mármol, arena, AR, gravas, arcillas, recebo triturado)	189	45,99
Totales		411	100

Fuente: Ingeominas-IMN, 1997.

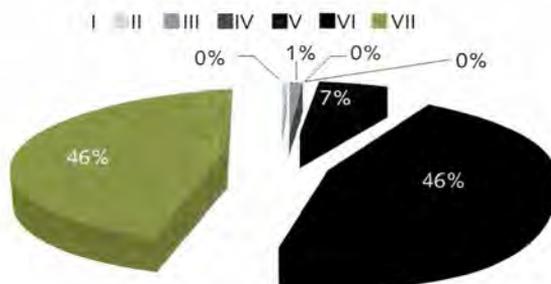


Figura 49. Distribución de las minas por grupo de mineral.

Fuente: Ingeominas, 1999i, p. 23 (tabla 37).

Área calcárea Mutiscua y Silos

Mutiscua se halla a unos 35 kilómetros de Pamplona y está conectada a la carretera principal Pamplona-Bucaramanga por un ramal de aproximadamente tres kilómetros de longitud (figura 50). Desde Mutiscua parten dos carreteables, uno de los cuales va por la margen izquierda del río La Plata y llega hasta la planta de cal agrícola, sobre la quebrada Caldera; igualmente,

existen numerosos caminos de herradura que comunican entre sí las veredas de la región.

El área de Mutiscua corresponde a la cuenca de Maracaibo y forma parte de la fosa tectónica de los ríos La Plata y Sulasquilla.

Entre todos los recursos analizados, en el trabajo de Ward et al. (1970, pp. 67-72, cuadro 7, figura 2) se trata el tema del mármol de Mutiscua y de Silos.

En el citado trabajo (Ward et al., 1970) se sostiene que dentro de la Formación Silgará, que al parecer pertenece al Cambro-Ordovícico, se encuentra el recurso calcáreo en medio de esquistos y cuarcitas, en dos fajas angostas situadas al oeste y al noroeste de Mutiscua. Aunque el material coluvial impide seguir los afloramientos entre quebradas, la forma de éstos indica una faja de 300 metros de espesor con rumbo norte y longitud de cuatro kilómetros.

Cerca del extremo sur de la faja, en la quebrada Chorrerón, la Formación Silgará muestra 67 metros de mármol en conjunto de estratos de hasta 19 metros de espesor; el mármol es blanco, gris claro a oscuro y hasta verdoso a rosado, y su textura va de cristalina media a fina y a gruesa.

Calidad

Los análisis hechos indican grandes variaciones en cantidad de CaCO_3 , en ambos sentidos, según el estrato muestreado. Del cuadro 7 citado se extrae la calidad del conjunto grueso (19 metros): 73,03% en CaCO_3 , 4,28% en MgCO_3 , 0,57% en Fe_2O_3 y 0,39% en Al_2O_3 . A 2,5 kilómetros al norte de la quebrada Chorrerón se observó un total de 34 metros de mármol en siete estratos, cuyo espesor mayor alcanza 16 metros; a 750 metros al norte de la anterior manifestación hay otros afloramientos, con 16 metros de mármol en la quebrada San Lorenzo. No hay cálculos de recursos.

En la Formación Diamante, que pertenece probablemente a los Neis de Bucaramanga, se señala que al norte de Mutiscua ocurre una caliza cristalina, en una faja de un kilómetro de ancho y seis kilómetros de longitud (Ward et al., 1970, p. 69, cuadro 8). No se informa sobre su espesor, sólo se menciona que “es alta (370 metros) y se presenta uniforme y sin intercalaciones”; este último hecho es confirmado por los análisis químicos, los cuales dan un promedio de 83,23% en CaCO_3 , 1,59% en MgCO_3 , 0,29% en Fe_2O_3 y 0,02% en Al_2O_3 (Ward et al., 1970, cuadro 8).

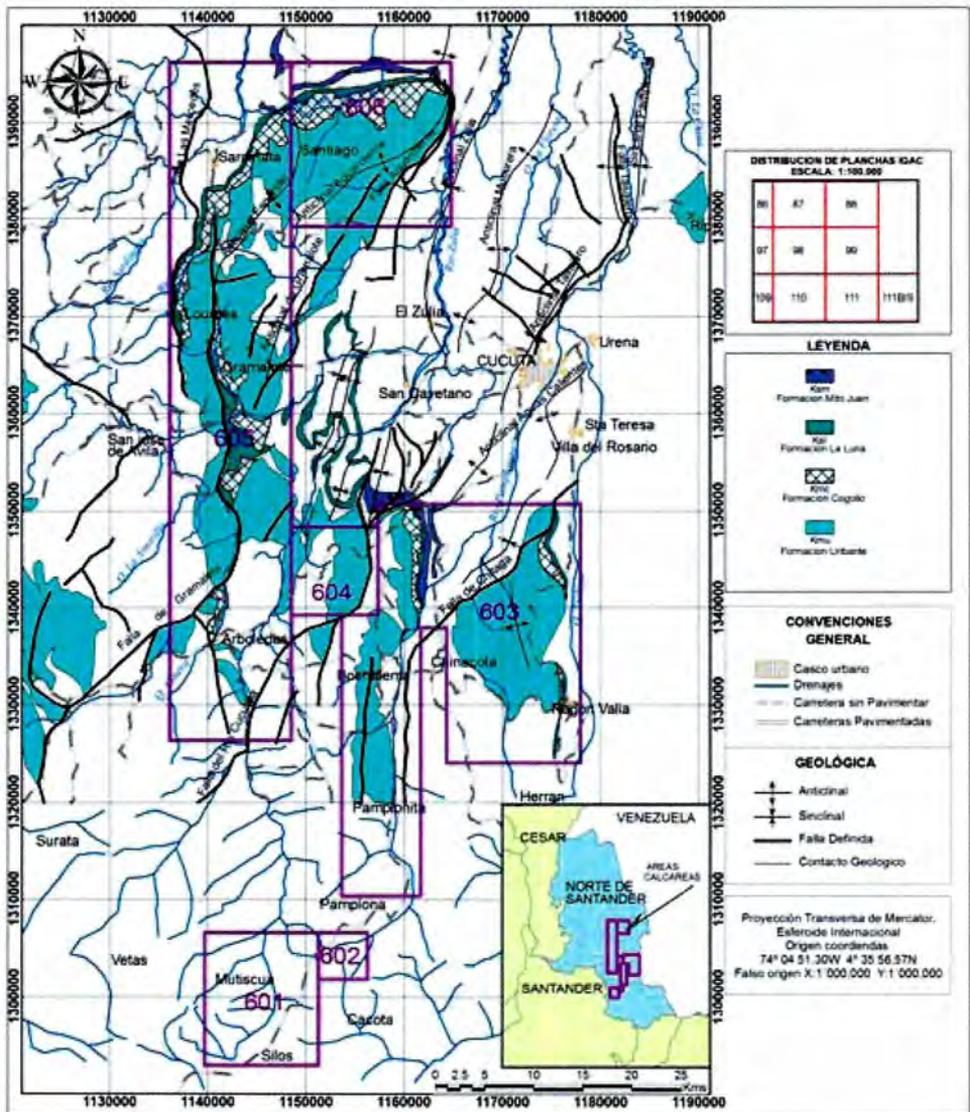


Figura 50. Mapa geológico de las unidades cretácicas y calcáreas al norte de Bochalema.

Fuente: Ingeominas.

Un kilómetro al sureste de Silos ocurre mármol gris claro a blanco, amarillento y rosado, perteneciente a la Formación Floresta (?); no se dan datos sobre su espesor ni su longitud. El contenido en CaCO_3 es bajo (Ward et al., 1970, cuadro 9).

Minería

En el informe de Ingeominas (1999i, pp. 49-52, cuadros 13 y 14) se dice que los mármoles se extraen por sistemas de minería a cielo abierto y métodos de explotación por bancos o frentes únicos con alturas entre diez y quince metros. Las labores de preparación y explotación se realizan con perforación y voladura; la perforación se hace con medios mecánicos (compresor y martillos perforadores) y la extracción se efectúa con explosivos de bajo poder, con el fin de no fracturar los bloques. Si éstos tienen tamaños superiores a 1 m^3 , se venden a los “telares”; si son inferiores, se venden a los cortadores para obtener retal de mármol. En los citados cuadros se dan algunos aspectos mineros de la extracción de estos mármoles (explotador, coordenadas y métodos de explotación).

Aspectos ambientales

Los frentes de explotación y las escombreras les causan un impacto crítico y grave tanto al suelo como al agua, al aire y a la cobertura vegetal. En las labores de explotación en los lechos de importantes quebradas, donde los estériles son arrojados al cauce, no se toman en cuenta la estabilidad de los taludes explotados ni mucho menos la posible afectación en el volumen y calidad de las aguas. “Vale la pena anotar que pese a existir estudios técnicos sobre localización de sitios viables de explotación y métodos a seguir, se continúa con la mala práctica de la minería” (Jeskar Ltda., 2000, p. 179).

Área calcárea 602 Rosario-El Diamante

Esta área calcárea se ubica en los alrededores de las citadas localidades (figura 50). En el informe de Martínez (1964) se señalan seis localizaciones donde se hallaron secuencias calcáreas, las cuales se describieron y se muestrearon parcialmente; además, se evaluaron sus recursos y reservas.

En las primeras dos localizaciones (1a y 1b) se encontraron calizas de contenido superior al 90% en CaCO_3 y reservas de 40,2 millones de toneladas. En la localización 2 se calculan reservas de 70 millones de toneladas y contenido de 83,67% de CaCO_3 , mientras que las localizaciones 4, 5 y 6 sumaron 2,5 millones de toneladas (tabla 38). Las unidades examinadas son las formaciones Las Mercedes y La Luna (Martínez, 1964, pp. 17-23).

En el trabajo más reciente sobre el Norte de Santander (Ingeominas, 1999i, Mapa de actividad minera) se confirman estas dos localizaciones en cuanto a presencia de minas de caliza.

Tabla 38. Cálculo de reservas del área calcárea Rosario-El Diamante.

Localización	Reservas calculadas (millones de toneladas)	CaCO ₃ (%)
1a y 1b	40,20	>90
2	70,00	83,67
4,5,6	2,50	
Total	112,70	

Fuente: Martínez, 1964.

Área calcárea 603 Cúcuta-Pamplona

El área calcárea Cúcuta-Pamplona se localiza en los alrededores de estas poblaciones. Allí hay nueve localizaciones de caliza, entre Donjuana, Mutiscua y norte de Mutiscua (figura 50). Se calculan tres millones de toneladas de caliza con CaCO₃ de 94,05% en la localización 34 (tabla 39); calizas de baja calidad en la localización 17; en la localización 7, el cálculo arroja la cifra de 2,4 millones de toneladas con CaCO₃ del 79,28%; en la localización 8 se calculan cuatro millones de toneladas con CaCO₃ entre el 45,85 y el 90,44%; no se estiman reservas en la localidad 9; en las localizaciones 10, 11 y 12 se calculan siete millones de toneladas con CaCO₃ entre 88,93 y 97,75%, y al norte de Mutiscua se calculan 5,4 millones de toneladas de mármol con 97,02% de CaCO₃ en una sola muestra (Martínez, 1964, pp. 23-31). Se sitúa en esta misma área calcárea la localización 16, con una cifra de 1,5 millones de toneladas de caliza.

En el trabajo de Ingeominas antes citado se confirmó la ocurrencia de caliza en las localizaciones 7, 11, 12 y 13; no obstante, no se confirma la caliza en las localizaciones 8, 9 y 10 de Martínez (1964, figura 2).

Tabla 39. Cálculo de reservas del área calcárea Cúcuta-Pamplona

Localización	Reservas calculadas (millones de toneladas)	CaCO ₃ (%)
34	3,00	94,05
7	2,40	79,28
8	4,00	(45,85-90,44)
10, 11, 12	7,00	(88,93-97,75)
16	1,50	
Total	17,90	

Fuente: Martínez, 1964.

Área calcárea 604 La Donjuana-Durania

El área La Donjuana-Durania se ubica a pocos kilómetros de estas localidades, donde se presentan manifestaciones de rocas calcáreas (Martínez, 1964, p. 32). Para la localización identificada con el número 18 se calculan 0,4 millones de toneladas y para la identificada con el número 19 se calculan 3,7 millones de toneladas (tabla 40).

Tabla 40. Cálculo de reservas del área Donjuana-Durania

Localización	Reservas calculadas (millones de toneladas)
18	0,40
19	3,70
Total	4,10

Fuente: Martínez, 1964.

Entre las localidades de Herrán y La Donjuana, en el mapa de actividad minera (Ingeominas, 1999 i) se han localizado siete nuevas localidades con caliza que no se habían señalado en Martínez (1964, figura 2). Igualmente, se reportan tres nuevas localidades con caliza en el sur de Durania.

Área calcárea 605 Santiago-Arboledas

En el área Santiago-Arboledas, sobre la nueva ruta de carreteras de Norte de Santander, afloran cinco manifestaciones de caliza. En la identificada como localidad 20, de la Formación Cogollo, se calculan seis millones de toneladas; en la localización 21 se calculan 0,7 millones de toneladas; en la localización 22 la cifra es de 0,2 millones de toneladas; en la localización 23 se calculan trece millones de toneladas; en la localización 24 se estiman 1,5 millones de toneladas, para un total de 21,4 millones de toneladas de caliza (tabla 41); en estos lugares no se informa sobre la calidad de la caliza.

Área calcárea 606 Santiago-Sardinata

El área Santiago-Sardinata se desarrolla sobre la carretera homónima y comprende nueve manifestaciones, identificadas con los números 25 a 33; los cálculos de reservas realizados en ellos arrojan las cifras mostradas en la tabla 42.

Tabla 41. Reservas calculadas para el área Santiago-Arboledas

Localización	Reservas calculadas (millones de toneladas)	CaCO ₃ (%)
20	6,00	No se informa
21	0,70	No se informa
22	0,20	No se informa
23	13,00	No se informa
24	1,50	No se informa
Total	21,40	

Fuente: Martínez, 1964

Tabla 42. Cálculo de reservas para el área calcárea Santiago-Sardinata

Localización	Reservas calculadas (millones de toneladas)	CaCO ₃ (%)
25	1,20	
26	2,00	
27	1,00	
28	0,60	
29	1,60	(91,69-96,8)
30	8,00	
33	3,80	(59,29-92,96)
Total	18,20	

Fuente: Martínez, 1964.

Se calculan 1,2 millones de toneladas para el sector denominado 25; dos millones de toneladas para la localización 26; un millón de toneladas, de buena calidad, a la vista, en la localización 27; en la localización 28, una cifra de 0,6 millones; en la localización 29 se calculan 1,6 millones de reservas, y contenido de CaCO₃ entre 91,68 y 96,80%; en la localización 30, la cifra es de ocho millones de buena calidad a la vista; en las localizaciones 31 y 32 contienen pocas reservas, y en la localización 33 la cifra es de 3,8 millones y el contenido de CaCO₃ varía entre 59,29 y 92,96%. La presencia de caliza en las localidades 25, 26 y 27 se ha confirmado en el trabajo de Ingeominas (1999i).

En la revisión bibliográfica se informa lo observado hace varios años, y se señalan los sitios donde se observaron mármol y caliza en el departamento de Norte de Santander, los cuales se confirmaron en informes más recientes.

Martínez (1964, p. 43) asegura también que el tonelaje total calculado es de 186,5 millones en la categoría de reservas probadas. Pero no en todos los lugares se tienen muestras suficientes, debidamente recogidas y con la distancia necesaria para confirmar esta categoría.

La principal aplicación para estas calizas es la fabricación del cemento pórtland; en efecto, cerca de Cúcuta, la fábrica de Cemento Hércules consumía 300 toneladas diarias de caliza.

Otra frecuente aplicación es la obtención de cal para uso agrícola, para tratamiento de aguas y para la fabricación de sodas. Las impurezas en estas calizas en cuanto a fósforo, aluminio y magnesio las descartan para producir carburo de calcio.

Potencial y perspectivas

Respecto al potencial y las perspectivas de la zona calcárea correspondiente al departamento de Norte de Santander, se puede concluir lo siguiente:

La zona calcárea, al sur de la línea Bochalema-Chinácota, se asienta en plena cordillera Oriental; un poco más al norte de esta línea, la cordillera empieza a cambiar de rumbo hacia el NNW, después que se bifurca al separarse de la cordillera de Mérida.

Los Neis de Bucaramanga que se observan en Mutiscua, Silos y Berlín, con migmatitas, cuarcitas y mármoles, corresponden al Precámbrico tardío.

Al norte de la línea mencionada, las unidades calcáreas cretácicas se localizan sobre la vertiente oriental de la cordillera Oriental y pertenecen a las sucesiones de la cuenca de Maracaibo.

En el área de Mutiscua se tienen conjuntos de calizas cristalinas de 19 metros de espesor. La calidad indica grandes variaciones en CaCO_3 , en ambos sentidos, según el estrato muestreado. La calidad del conjunto de 19 metros de espesor es de 73,03% en CaCO_3 , 4,28% en MgCO_3 , 0,57% en Fe_2O_3 y 0,39% en Al_2O_3 . Se desconoce el cálculo de sus recursos.

Al norte de Mutiscua se presenta otra caliza cristalina, con apreciables reservas, pero también se desconocen su espesor y su calidad.

Como se mencionó anteriormente, las unidades que aportan mayores recursos son cretácicas. Se calcula que las reservas pueden llegar hasta un tonelaje total de 186,5 millones, en la categoría de reservas probadas, pero no en todos los lugares se tienen las suficientes muestras recogidas de manera sistemática o con un patrón de recolección que permita confirmar esta categoría.

La principal aplicación para estas calizas es la fabricación del cemento pórtland; otra fácil aplicación es la obtención de cal agrícola, así como de cal para la purificación de aguas y para la fabricación de sodas. Las impurezas en estas calizas en cuanto a fósforo, aluminio y magnesio las hacen inapropiadas para producir carburo de calcio.

Zona calcárea 7 Cesar

La zona calcárea 7 corresponde al departamento de Cesar, localizado al norte del país, en la llanura del Caribe (figura 20, zona 7).

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Cesar está situado al noreste del país; limita por el norte con los departamentos de Magdalena y La Guajira, por el oriente con la República Bolivariana de Venezuela y el departamento de Norte de Santander, por el sur con Norte de Santander y Santander, y por el occidente con los departamentos de Bolívar y Magdalena (figura 51). Tiene una extensión superficial de 22.905 km².

En general, las áreas 701, 702 y 703 (descritas adelante) se hallan al borde de la troncal del Norte, importante vía que une a Bogotá con la costa atlántica, y la mayoría de los depósitos están enlazados con la troncal mediante vías de penetración. Las áreas 704 y 705 están al borde de la vía que conduce de Chiriguaná a La Jagua de Ibirico, Codazzi y San Diego, sobre la ribera izquierda del río Cesar; los depósitos del Cretácico generalmente se encuentran próximos a esta vía. En cuanto al yacimiento de Durania, cerca de Bosconia, está bordeado por la carretera que une la troncal del Norte con la Alta Guajira; un considerable trayecto de esta vía se halla sobre la ribera derecha del río Cesar, pero la carretera cruza el yacimiento entre Bosconia y Caracolí.

Aspectos físicos

La población del departamento de Cesar es de 903.279 habitantes, distribuida en 25 municipios; su capital es la ciudad de Valledupar. Está cruzado por numerosos ríos, pero los principales son el Magdalena, Cesar, Lebrija, Ariguaní, Garupal y Badillo; tiene además amplias áreas ocupadas por ciénagas.

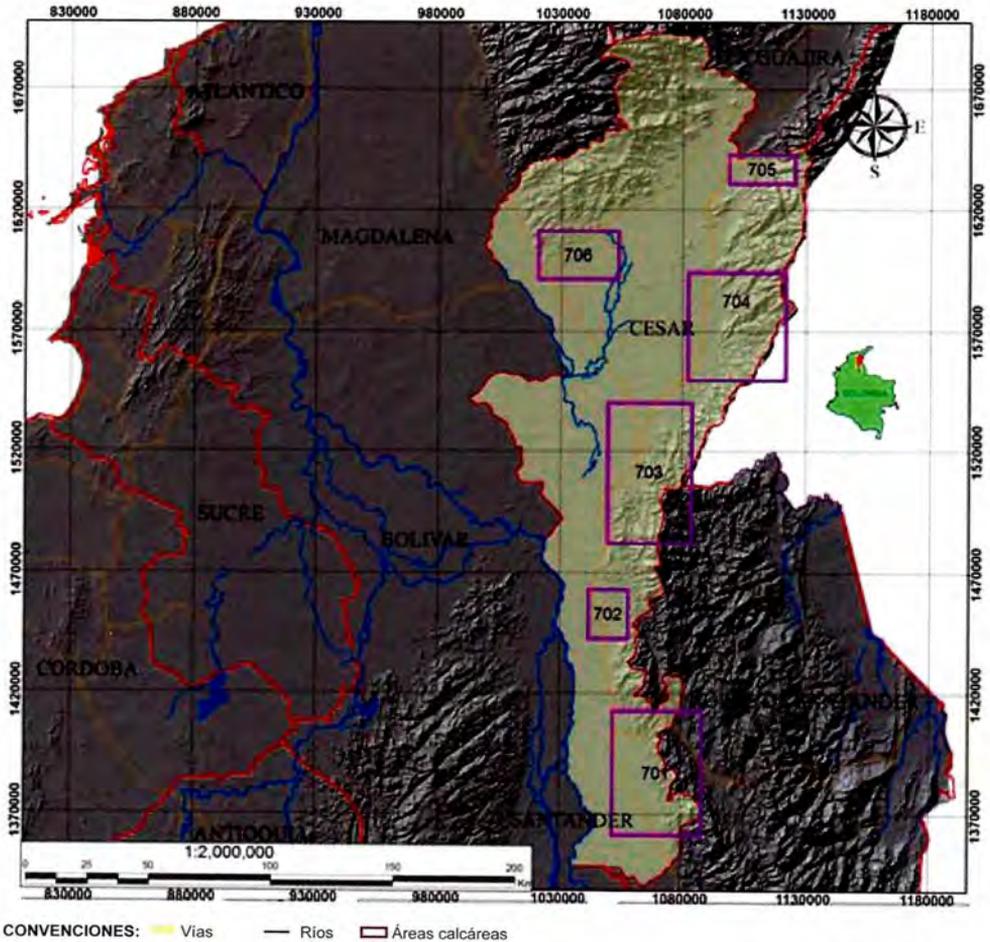


Figura 51. Mapa de localización de la zona calcárea 7 Cesar y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Se encuentra en su mayor parte en el piso térmico cálido (78,8%); el resto del territorio se localiza en los pisos templado (13,8%), frío (5,2%), muy frío a extremadamente frío (2,1%) y nival (0,2%). La Ley 25 de 1967 le otorgó plena autonomía político-administrativa.

El paisaje del departamento es contrastante y diverso, pero la mayoría corresponde a las sabanas del Caribe; así mismo, presenta otros tres conjuntos morfológicos bien diferenciados: las tierras bajas, que forman parte de la Depresión Momposina, la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá (Motilones):

- La sabana del Caribe, en el centro y norte, es un área plana a ondulada, formada por los ríos Cesar y Ariguaní, de clima cálido semiárido, cubierta esencialmente por pastos y cultivos anuales. Las tierras bajas, al suroccidente, son de clima cálido semiárido; corresponden a la sección de desborde del río Magdalena, caracterizada por numerosas ciénagas, alimentadas por las salidas temporales del cauce del río.
- La Sierra Nevada de Santa Marta es el macizo montañoso más alto del país, con varios accidentes orográficos, entre ellos los picos nevados que sobrepasan los 5000 metros sobre el nivel del mar, denominados Codazzi (5150 metros), Guardián (5235 metros), Ojeda (5490 metros) y La Reina (5535 metros). Se caracteriza por presentar diferentes pisos térmicos que van desde el cálido hasta las nieves perpetuas, así como diversas condiciones de humedad y coberturas vegetales que incluyen bosques, pastos, matorrales y vegetación de páramo.
- La serranía de Perijá o Motilones, al oriente, es un ramal de la cordillera Oriental que demarca el límite entre las repúblicas de Colombia y Venezuela, con elevaciones que superan los 3500 metros; presenta distintos pisos térmicos, un régimen de humedad semiárido a semihúmedo y una cubierta vegetal dominada por matorrales y bosque intervenido (Igac, 2008, p. 415).

Áreas calcáreas

La zona calcárea 7 está localizada, en cuanto a ocurrencia de unidades calcáreas con sus depósitos, en la cordillera Oriental y la Sierra Nevada de Santa Marta (figura 52).

Al sur de la línea correspondiente al paralelo que pasa por Chiriguaná, la zona se emplaza en la vertiente occidental de la cordillera Oriental. Un poco más al norte de la misma línea, la cordillera empieza a cambiar de rumbo hacia el NNE, y las unidades calcáreas, que aparecen como manchas aisladas en la vertiente occidental de la cordillera, siguen este cambio de rumbo general.

Las unidades calcáreas prepaleozoicas, paleozoicas y cretácicas se mantienen aisladas hasta la altura de La Jagua de Ibirico y desde ahí se amplían al noreste; por ejemplo, el Grupo Cogollo adquiere una extensión superficial considerable en las estribaciones de la serranía de los Motilones, para luego reducirse al oriente de San Diego y de La Paz (figura 52).

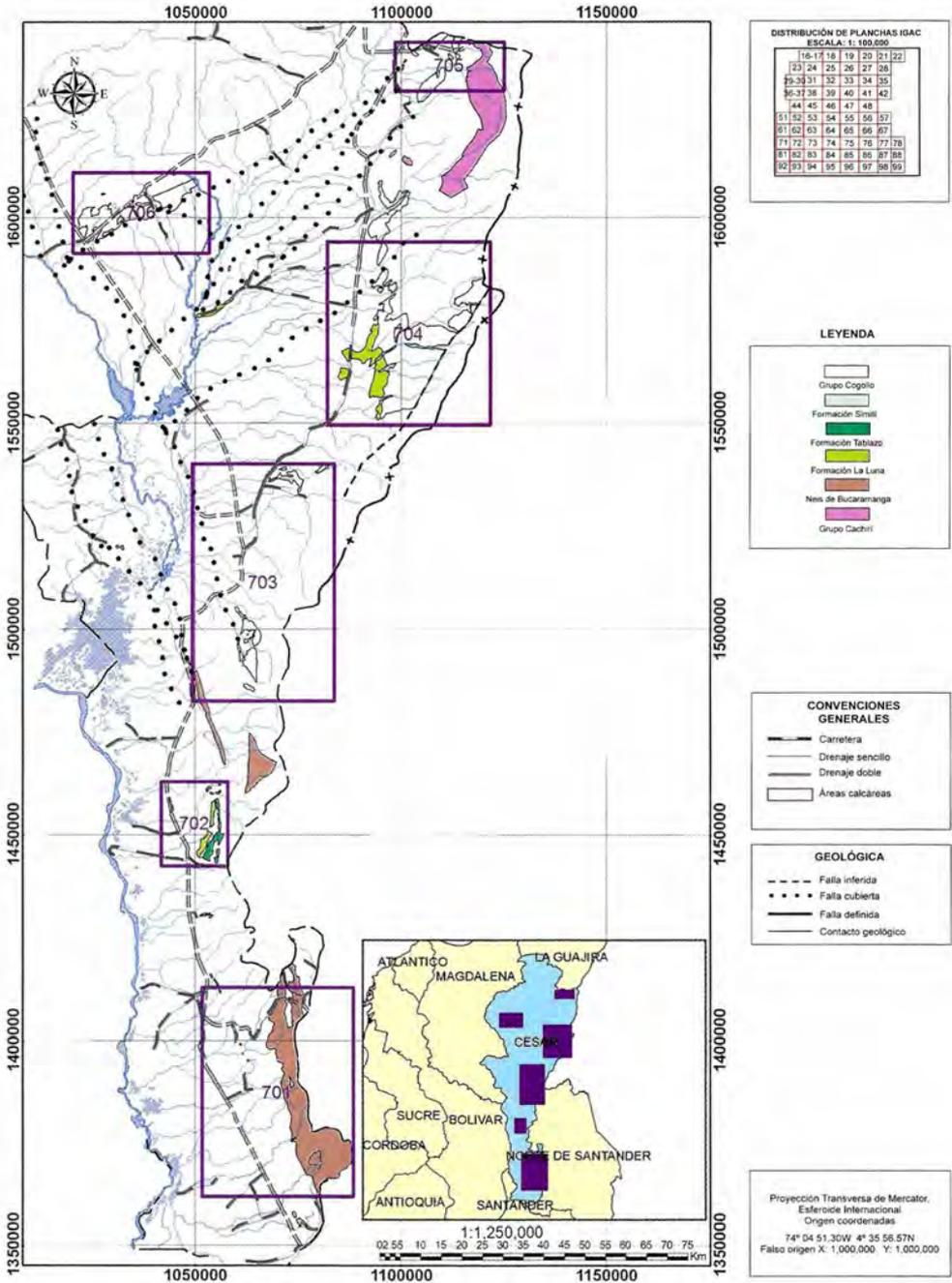


Figura 52. Mapa geológico de la zona calcárea 7 Cesar.

Fuente: Ingeominas.

La extensión del departamento del Cesar comprende también las estribaciones surorientales de la Sierra Nevada de Santa Marta, bañadas por el río Cesar, con sus afluentes localizados sobre la margen derecha. Es un área delimitada por la línea Bosconia-Valledupar-Badillo en sentido noreste, por la línea Atánquez-Guatapurí-Nevadita en sentido noroeste, la línea Nevadita-Caracolito en sentido suroeste y, al final, la línea Caracolito-Bosconia, que cierra el área. En la esquina meridional del polígono se manifiestan grandes afloramientos del Grupo Cogollo.

La geología que se toma como referencia es la original, extraída de los trabajos iniciales que ilustraron la estratigrafía, la tectónica y las apreciaciones económicas de las unidades calcáreas; esto aparecerá en la bibliografía citada.

En la parte meridional del departamento, en la región de Aguachica, ocurren unidades geológicas con características estratigráficas que indican que las unidades provenientes del sur, desde Santander, continúan avanzando hasta el límite septentrional del departamento del Cesar, tanto sobre la cordillera Oriental como sobre la Sierra Nevada de Santa Marta.

Entre las unidades que contienen capas calcáreas están el mármol occurrente en el Neis de Bucaramanga del Neoproterozoico tardío (PEb), las calizas de la Formación Tablazo (Kit), de la Formación Simití (Kis) y de la Formación La Luna (K2l), todas pertenecientes a la sucesión que caracteriza el norte de la cordillera Oriental. Son unidades algo diferentes a las de la serranía de Perijá, que contienen las calizas cristalinas del Grupo Cachirí paleozoicas (PZc) y, en especial, las del Grupo Cogollo (Kic). En el polígono suroriental de Santa Marta, nuevamente, el Grupo Cogollo ofrece los mayores recursos (Arias & Morales, 1999, mapa)

En lo que tiene que ver con las características de las unidades calcáreas referidas a diversas sucesiones litoestratigráficas, variadas edades y rasgos geomórficos, al igual que con numerosas estructuras y dislocaciones reconocidas en esta amplia zona calcárea, se definen seis áreas calcáreas, subdivididas a la vez en varios sectores:

- Área calcárea 701 al oriente y suroriente de Aguachica
- Área calcárea 702 al oriente y al nororiente de Pelaya
- Área calcárea 703 al nororiente de Pailitas-Chiriguaná
- Área calcárea 704 al nororiente y norte de La Jagua de Ibirico
- Área calcárea 705 al oriente de San Diego
- Área calcárea 706 al nororiente de Bosconia

El inventario de las calizas, sobre el cual se establecen las seis áreas calcáreas, se debe a la necesidad muy advertida a nivel regional de atraer la atención de inversionistas sobre la ocurrencia de esta materia prima para resolver problemas locales, mediante explotaciones a cielo abierto de las calizas, para uso agrícola, y para señalar además recursos calcáreos que sirvan de materia prima para la producción de cemento.

La investigación sobre las primeras cinco áreas ha quedado en una fase que se puede definir como de descripción de afloramientos, pero la sexta área calcárea es abundante en recursos de óptima calidad, estudiada sobre una amplia área, con sus respectivos cálculos de recursos.

A menudo se emplean nomenclaturas distintas para las mismas unidades aflorantes en las localidades mencionadas; esto se explica, para cada caso particular.

La descripción de las áreas calcáreas correspondientes a la zona de Cesar (figura 52) se realiza de sur a norte:

Área calcárea 701 Aguachica

El área 701, correspondiente a Aguachica, se ubica sobre la carretera que conduce a Río de Oro; allí aflora un grueso conjunto correspondiente al Neis de Bucaramanga (PEb), compuesto por una sucesión metasedimentaria con alto grado de metamorfismo, que consta principalmente de paraneis pelítico, semipelítico y cuarzoso, cantidades subordinadas de neis calcáreo, mármol, neis hornbléndico y anfibolita; incluye también algunas zonas de migmatitas (Arias & Morales, 1999, p. 36, mapa). Se datan como pertenecientes al Precámbrico superior, de acuerdo con análisis radiométricos K/Ar, que arrojan valores de 945 Ma.

Aflora también la Formación Tablazo, como pequeños segmentos localizados al oriente de Aguachica y al norte de Pelaya; están conformados por calizas duras, gris a gris clara, en bancos gruesos, micríticas, localmente con abundantes conchas de bivalvos, delgadas intercalaciones de lodolitas calcáreas con nódulos elipsoidales y, en la base, un conglomerado gris con cantos de caliza; se sitúan correspondientes al intervalo Barremiano-Aptiano.

Igualmente, aflora la Formación Simití, en fracciones muy pequeñas (Arias y Morales, 1999, p. 44, mapa). En este trabajo no hay información relacionada con la calidad de las capas calcáreas, como tampoco sobre su potencial de recursos.

Área calcárea 702 Pelaya-Ayacucho

En esta área se observan afloramientos de calizas de composición similar a las descritas para el área de Aguachica y correspondientes a la Formación Tablazo, cubiertas por capas de la Formación Simití; están constituidas por arcillolitas físis, de color gris oscuro, laminadas, con intercalaciones de arenitas de cuarzo y calizas de color gris, en capas medianas y delgadas, referidas al Albiano medio y superior.

Al este de Pelaya, y al norte de La Mata, se observan por lo regular afloramientos de la Formación La Luna, compuestos por lodolitas calcáreas, de color gris oscuro, calizas arcillosas micríticas, calizas biomicríticas, color gris oscuro, con nódulos y concreciones calcáreas, intercalaciones de calcarenitas y chert gris oscuro a negro, fosilífero. La estratificación en general es delgada y los nódulos, hasta de más de un metro de diámetro, son aplanados en el mismo sentido de la estratificación. En varios afloramientos se encuentra caliza gris a negra, localmente arenosa. Su edad es del Turoniano inferior, quizás hasta Santoniano (Arias & Morales, 1999, p. 44). No hay información disponible sobre calidad o potencial de recursos ofrecidos por estas capas.

Área calcárea 703 Pailitas-Chiriguaná

En el área 703 se encuentra un grueso afloramiento del Grupo Cogollo al noreste de Pailitas y otro más pequeño al este-noreste de Chiriguaná. El primero no cuenta con vía de acceso, mientras que para el segundo hay carretables cercanos, de segundo orden. En el trabajo de Arias y Morales (Arias & Morales, 1999) no hay referencias sobre las capas de este grupo presentes en el mapa.

Área calcárea 704 La Jagua de Ibirico

El área calcárea 704 corresponde al sector de La Jagua de Ibirico. Se utilizó este nombre para referirse a los conjuntos constituidos por las formaciones Cogollo inferior y Cogollo superior; la Formación Cogollo inferior consta de calizas, calizas arenosas y arenitas calcáreas y se refiere a una edad Barremiano-Aptiano, y la Formación Cogollo superior contiene calizas menos macizas y de estratificación más fina, referida a edad Aptiano-Cenomaniano, que presenta una importante facies arenoarcillosa, descrita en varias localidades de la serranía de Perijá.

El Grupo Cogollo se observó en esta región constituido de base a techo por una potente sucesión de calizas gris azulado y gris oscuro, en capas que van desde medianas hasta muy gruesas, mayores de cinco metros de espesor, que varían de *mudstone* a *grainstone* con intercalaciones ocasionales de lutitas negras carbonosas y abundante contenido de fósiles; son frecuentes en esta parte las dolinas y algunas cavernas con estalactitas y estalagmitas, como las ubicadas al nororiente de Becerril, en los alrededores de los sitios de Yoba, La Pista y La Flecha.

De la parte media hacia el techo se distingue un nivel lodolítico carbonoso y muscovítico, otro nivel arenarcilloso y otro nivel superior calcáreo, con calizas lumaquéllicas de color gris claro; los estratos son delgados a medios, con abundante paleofauna. En este nivel, en el flanco occidental de la serranía, al sur de Codazzi y del río Sicarare, se observa que las diaclasas presentes en la unidad han sido modificadas por disolución y dan lugar a espacios de hasta 1,5 metros de ancho y varios metros de longitud. Registra notables variaciones de espesor; en la cuenca del río Cesar, el espesor de la unidad varía entre 1200 y 3000 metros. Está en contacto concordante con la suprayacente Formación La Luna y transicional sobre la Formación Rionegro, en algunas partes discordante sobre la Formación La Quinta. No se obtuvieron datos sobre la calidad y el potencial de recursos de caliza.

Área calcárea 705 San Diego

El área calcárea 705 corresponde a la localidad de San Diego, donde también aflora el Grupo Cogollo, y cubre la serranía de Perijá hasta la frontera con Venezuela. Los afloramientos más septentrionales están cruzados por la carretera que se dirige al oriente de La Paz, donde afloran calizas en gran extensión; se explotan entre San Diego y La Paz "a pequeña escala por métodos de explotación a cielo abierto y sin sistema de extracción específico; las minas se limitan al arranque y cargue manual de aproximadamente 30 m³ de caliza al mes y presentan mínimo grado de desarrollo. La producción se utiliza en su totalidad para la elaboración de cal para pintar" (IMN, 1999, pp. 63-64).

En esta área calcárea se presenta caliza cristalina en la unidad llamada Grupo Cachirí, correspondiente al Paleozoico. Aflora al oriente de Manauare en la cabecera del río homónimo, en una franja continua de dirección aproximada norte-sur, al oriente de San José de Oriente, en el lugar denominado La Central.

“Está compuesto por un conglomerado basal, afectado por compresión, ya que los cantos de cuarzo que lo constituyen muestran alineación notoria”. Según Forero (1972), este conglomerado puede alcanzar cinco metros de espesor; “sobre él se encuentra una sucesión de areniscas ferruginosas y subgrauvacas, bien calibradas, de grano medio, las cuales contienen unas pocas capas de lutitas grises; a continuación se encuentran areniscas verdes, micáceas, de grano fino, que muestran manchas rojas de oxidación y que están cubiertas por lutitas arenosas calcáreas, de color gris oscuro y de grano muy fino. La parte superior de la unidad lo constituye una caliza negra, compacta, fosilífera, en bancos delgados intercalados con arcillolitas calcáreas” (IMN, 1999, p. 22). La sucesión mide aproximadamente 1300 metros de espesor; en la sección al oriente de Manaure, está en contacto con rocas mesozoicas y su edad corresponde al Devónico inferior-Pérmico medio (Forero, 1972). No se dispone de información sobre calidad y recursos del área. “Hay dos explotaciones intermitentes de material lapidario en La Jagua y en Manaure” (Arias & Morales, 1999, pp. 28-29).

Información más amplia sobre este depósito de calizas paleozoicas se obtiene en Forero (1970, pp. 42-44, figura 18). En la columna estratigráfica se observan claramente las sucesiones calcáreas con sus respectivos espesores. Sobresale el espesor de 300 metros, correspondiente al conjunto Carbonífero, y más notables aún los espesores correspondientes al Pérmico.

El autor (Forero, 1970, pp. 49-50) destaca la parte superior de calizas, donde “encima de una caliza silicificada ocurren 200 metros de calizas y luego otros 100 metros en la parte más alta”, y añade que “en el valle del río Molino, 20 kilómetros al este de Villanueva (La Guajira), también afloran calizas permianas”.

Área calcárea 706 *Bosconia*

En esta área ocurre el yacimiento más grande e importante entre los no metálicos. Las enormes reservas de caliza de la hacienda Durania son adecuadas para fabricar cemento y algunas de ellas, de alta pureza, son aptas para los usos químicos más exigentes. Se encuentran en el Grupo Cogollo y en la Formación La Luna. La mayor parte de las calizas son probablemente grandes depósitos de roca de cemento natural. Tales rocas contienen la porción adecuada (25%) de material arcilloso para cemento pórtland.

Dichas calizas cretácicas cubren aproximadamente 80 km² y se localizan cerca del extremo sur de la Sierra Nevada. El espesor total de las rocas cretácicas expuestas se estima en 250 metros; las calizas son típicas para un mismo intervalo estratigráfico en toda el área y se calcularon como reservas probables para seis bloques (figura 53). Se recolectaron 144 muestras, cerca de Durania, donde están bien expuestas y son de fácil acceso. El resultado de los análisis químicos y de las reservas calculadas se presenta más adelante (tabla 43).

En relación con los recursos y las reservas, se estima que las reservas probables de 202.466.000 toneladas en los bloques 1 a 6 (figura 53 y tabla 44) son diez veces mayores para el mismo intervalo en el área total del afloramiento, y su composición química promedia aproximadamente igual. Las reservas posibles para el intervalo muestreado son cerca de 2.000 millones de toneladas y las reservas potenciales adicionales, de grado incierto para el resto de la sección, estarían entre seis y diez mil millones de toneladas (Tschanz et al., 1970, pp. 3-6).

Calidad

Las reservas probables tienen más o menos la siguiente composición promedio en porcentaje por peso (tabla 43): 48,8 CaO; 38,5 pérdidas por ignición; 10,5 materia insoluble; 0,7 MgO; 0,2 de P₂O₅; 0,4 de Fe₂O₃; y 0,4 de Al₂O₃.

Tabla 43. Calidad promedio de las calizas de Durania

Por peso (%)	CaO (%)	Pérdidas por ignición	Residuo (%) Insoluble HCL	MgO (%)	P ₂ O ₅ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)
Promedio	48,80	10,5	10,50	0,70	0,20	0,40	0,40

Fuente: Tschanz et al., 1970.

La caliza de alta pureza podría utilizarse para la elaboración de carburo de calcio, cianamida, carbonato sódico anhidro y de otros productos con requerimientos menos exigentes.

Potencial y perspectivas

La ubicación de la caliza en cercanías de Durania es muy favorable, ya que se encuentra cerca de carreteras, ferrocarril, oleoducto, agua y roca arcillosa, aparentemente adecuada para hacer la mezcla apropiada para el cemento pórtland. El yeso podría transportarse desde La Guajira o desde una nueva mina cerca de Bucaramanga (Tschanz et al., 1970, pp. 1, 4, 15). En cuanto a su aprovechamiento, existen dos explotaciones intermitentes de material lapidario en Bosconia.

El potencial de la zona calcárea 7 es amplio, ya que supera los cuatro mil millones de toneladas, especialmente el área de Bosconia (Durania), y se toma en cuenta que se desconoce información sobre reservas o potencial de las demás áreas calcáreas.

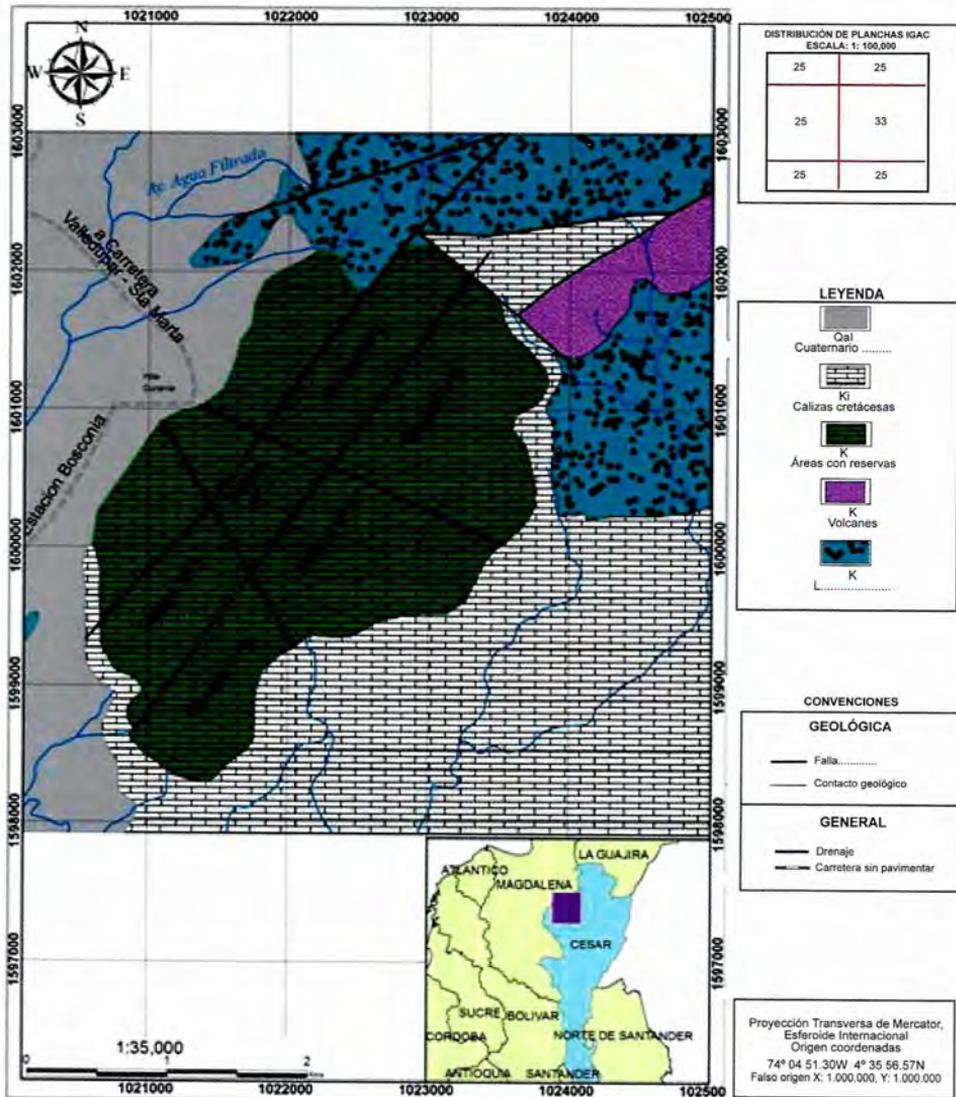


Figura 53. Mapa geológico de los yacimientos de caliza de Durania.

Fuente: Tszanz et al., 1970 (Modificado por Ingeominas)

Zona calcárea 8 La Guajira

La zona calcárea 8 corresponde a los conjuntos calcáreos presentes en el departamento de La Guajira, en la llanura del Caribe, al norte del país (figura 20, zona 8).

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de La Guajira (figura 54) está ubicado en la parte más septentrional de Colombia y Suramérica; limita al norte y al oriente con el mar Caribe, por el oriente con la República Bolivariana de Venezuela, al sur con el departamento del Cesar y al occidente con Magdalena y el mar Caribe. Tiene una superficie de 20.848 km² y está poblado por 681.575 habitantes, distribuidos en quince municipios. Su capital es Riohacha.

El departamento cuenta con un ferrocarril de 150 kilómetros de longitud, construido para transportar carbón desde las minas de Cerrejón hasta Puerto Bolívar, al igual que carreteras que comunican entre sí los municipios; la principal vía de acceso es la troncal del Magdalena, que comunica al departamento con los principales centros urbanos e industriales del país. Está cruzado por los ríos Ranchería, Cañas, Cesar, Dibulla, Ancho y Palomino.

Aspectos físicos

El paisaje es contrastante y diverso. Se encuentra en su mayor proporción en el piso térmico cálido (88,8%); el resto del territorio se halla en los pisos templado (6,8%), frío (2,7%), muy frío a extremadamente frío (1,6%) y nival (0,1%). La mayor parte corresponde a la península de La Guajira, aun cuando presenta otros tres conjuntos geomórficos bien definidos:

La península al norte, desértica y por lo general plana, con excepción de la serranía de la Macuira (857 metros); en su parte central semiárida hay dunas y arenales.

La Sierra Nevada de Santa Marta, al suroeste, macizo montañoso igneometamórfico de forma piramidal cuyos rasgos orográficos más notables son el pico Codazzi (5150 metros) y la cuchilla Sapanguéga (4000 metros). Presenta todos los pisos térmicos, variedad de condiciones de humedad asociadas al efecto orográfico y de coberturas vegetales que comprenden bosque natural, pastos y vegetación de páramo.

Tabla 44. Reservas y resultado de análisis químicos del área calcárea Durania

Bloque	Reservas probables (ton)	Análisis promedio (porcentaje por peso)								Contenido promedio de carbonatos (%)	
		CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	H ₂ O -105 °C	Pérdida por ignición 105-100 °C	Residuo insoluble	CaCO ₃	MgCO ₃
1	52.345.000	48,63	0,73	0,16	0,38	0,53	0,12	37,99	11,34	86,85	1,52
2	39.569.000	50,90	0,44	0,42	48,00	22,00	0,10	39,54	7,86	88,79	0,92
3	35.730.000	49,74	0,98	0,11	0,30	0,34	0,80	39,43	8,80	88,82	2,03
4	26.018.000	33,65	0,63	0,12	0,54	0,40	0,11	26,81	37,57	60,09	1,32
5	25.444.000	43,39	0,30	0,05	0,40	0,88	0,90	34,23	20,18	77,95	0,63
6	23.360.000	46,26	0,90	0,14	0,43	0,18	0,60	36,48	15,33	82,45	1,87
Total	202.466.000										
Composición promedio		46,70	0,68	0,19	0,40	0,39	0,10	36,88	14,21	83,64	1,42
Composición promedio sin el bloque 4		48,87	0,69	0,19	0,37	0,38	0,10	38,49	10,47	87,46	1,43
Reservas probables, excluyendo el bloque 4	176.456.000										

Fuente: Tszanz et al., 1970.

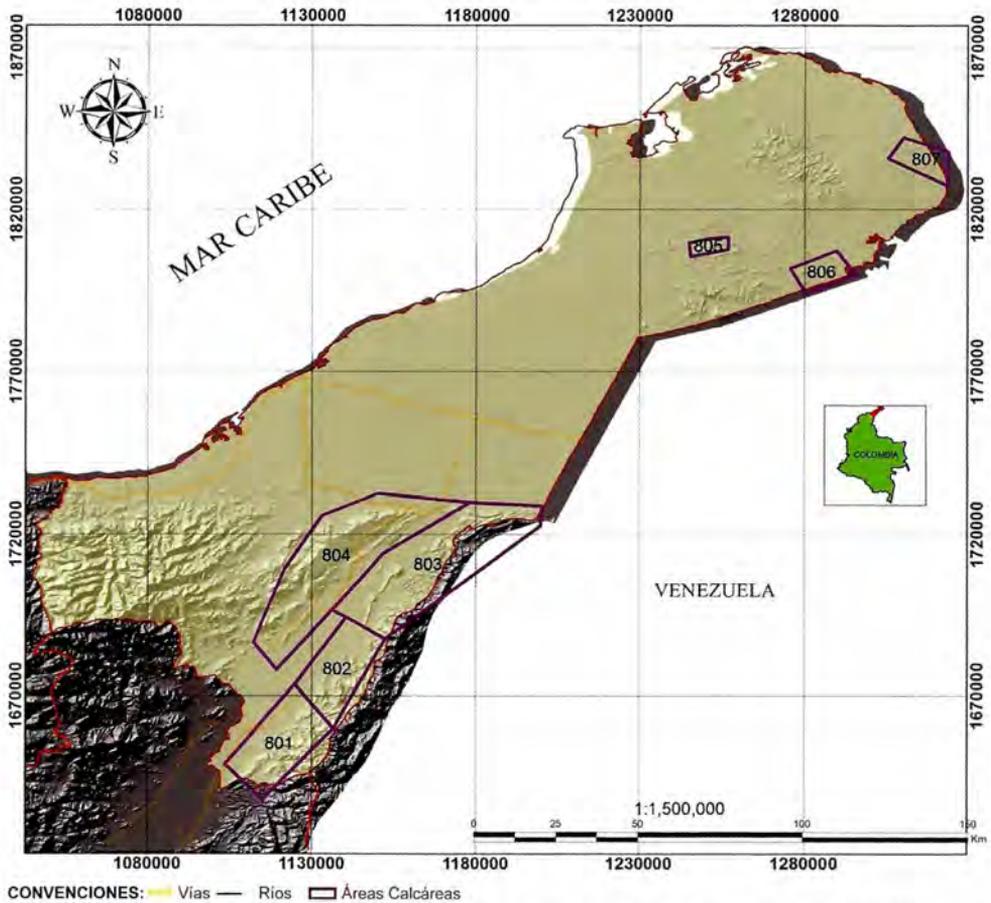


Figura 54. Mapa de localización de la zona calcárea 8 La Guajira y distribución de las áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

La serranía de Perijá, al sureste, compuesta por rocas sedimentarias de edades paleozoica, cretácica y terciaria, constituye el último ramal de la cordillera Oriental que termina en los Montes de Oca, en los cuales se destacan el cerro Pinto (3300 metros) y el cerro de La Teta (2900 metros). Comprende los pisos térmicos cálido, templado y frío, y condiciones de humedad desde semiáridas en la parte baja, hasta semihúmedas en las partes altas.

La sabana caribeña, al sur, situada en medio de la serranía de Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta, está conformada por rocas sedimentarias del

Terciario y sedimentos cuaternarios. Es plana a ligeramente inclinada, cálida, semiárida y presenta buena cantidad de tierras cultivables.

Aspectos ambientales y sociales

En referencia a los aspectos ambientales de La Guajira, se destaca la presencia de los Parques Naturales como el de la Macuira y cabo de la Vela, junto con balnearios, paisajes y miradores entre los cuales están el Totumo, Cerro Pintado y las Salinas de Manaure. Igualmente la vida cultural se ha ennoblecido gracias a los numerosos festivales que recurren a todo lo largo del año.

En relación con los aspectos económicos y sociales, el departamento refleja los siguientes datos: cobertura de acueducto, 51,3% de la población; cobertura de alcantarillado, 38,3%; cobertura de energía eléctrica, 62%, y cobertura de telefonía fija, 17,7% (Igap, 2008, pp. 515-516). La artesanía cumple con el papel de mostrar al público internacional su desarrollo con sus mantas guajiras, chinchorros, sombreros, mochilas, sandalias y orfebrería.

Áreas calcáreas

En la parte meridional del departamento de La Guajira (región San Juan del Cesar) ocurren unidades geológicas, con características estratigráficas que indican la prolongación de unidades presentes en el norte del Cesar, las cuales se extienden hacia el límite septentrional del departamento de La Guajira, sobre la cordillera Oriental, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Alta Guajira; estas numerosas unidades litoestratigráficas son portadoras de conjuntos calcáreos, referidos a edades comprendidas desde el Prepaleozoico hasta el Terciario y pasa por el Paleozoico y el Cretácico.

En referencia a la ocurrencia de unidades con sus depósitos calcáreos, la zona 8 está localizada en la prosecución final hacia el norte de la cordillera Oriental (figura 54), más específicamente desde la serranía de Perijá hasta los Montes de Oca, e incluye también la parte septentrional de la Sierra Nevada de Santa Marta y los montes de la Macuira.

La zona se divide en siete áreas calcáreas, clasificadas así:

- Área calcárea 801 Urumita
- Área calcárea 802 Sabaneta
- Área calcárea 803 Barrancas
- Área calcárea 804 Hato Nuevo

- Área calcárea 805 Kuisa
- Área calcárea 806 Flor de La Guajira
- Área calcárea 807 Punta

La geología tomada como referencia en esta recopilación no se extrae de los trabajos iniciales que sirvieron para ilustrar la estratigrafía, la tectónica y los cálculos económicos de las unidades, sino de trabajos redactados recientemente, realizados con el objetivo de evaluar los recursos minerales y las rocas industriales asociadas a las unidades cartografiadas por los autores originales. Por este motivo, en la introducción del trabajo de Rodríguez & Londoño (2002) se lee: “El mapa geológico de La Guajira y su memoria explicativa son el resultado de la compilación de trabajos de cartografía e investigación llevados a cabo por numerosos investigadores, geólogos y mineros nacionales y extranjeros durante más de cincuenta años, que con su trabajo han contribuido al conocimiento básico de la geología del departamento y sin cuyo esfuerzo y dedicación no hubiese sido posible realizar este trabajo” de geología, recursos minerales y amenazas potenciales.

El departamento, que está en la parte más septentrional de Suramérica, se distingue por presentar unidades geológicas que tienen diferentes estilos estructurales y están reunidas “en áreas con sucesiones estratigráficas que comprenden un amplio rango de edades y ambientes de formación, con edades asignadas desde el Proterozoico hasta el Reciente”.

Desde el punto de vista geológico, se reconoce la existencia de tres bloques geológico-estructurales: 1) El área al norte de la falla Oca, que comprende la propia península de La Guajira, dividida en dos zonas denominadas Alta y Baja Guajira. 2) El área entre las fallas de Oca y Santa Marta-Bucaramanga, en la cual se distingue la Sierra Nevada de Santa Marta. 3) Una zona que comprende la serranía de Perijá y el valle de los ríos Cesar y Ranchería (Rodríguez & Londoño, Introducción).

Región meridional del departamento

En la parte meridional del departamento (región de Cesar-Ranchería) ocurren unidades geológicas con características estratigráficas que indican que las unidades provenientes del sur avanzan hacia el noreste, hasta la traza de la Falla Oca, sobre Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta, con la particularidad de que en la nomenclatura ya no se utilizan nombres como Formación Tablazo y Formación Simití.

La carretera que viene de Bosconia, en el Cesar, se prolonga hacia el noreste, por los valles del Cesar y del río Ranchería, pasa por San Juan del Cesar, Fonseca, Cuestecita y llega hasta Maicao. Se encuentran vías de penetración, que llegan hasta algunos afloramientos de las unidades litoestratigráficas mencionadas.

Se pueden reconocer allí las áreas calcáreas de Urumita (801) y Sabaneta (802).

El área calcárea 801 se extiende sobre los montes del Perijá, desde el límite con el Cesar y el río Molino; el área calcárea 802 se extiende sobre los mismos montes, desde el río Molino hasta San Pedro. En estas dos primeras áreas calcáreas, los conjuntos calcáreos pertenecen a las unidades:

Sedimentitas del Devónico medio y Carbonífero (DCs), y a las sedimentitas cretácicas del Grupo Cogollo (más a la Formación Rionegro y a la Formación La Luna) (K2), del Cogollo superior (K2s), de la Formación Colón (K2cl) y de la Formación Hato Nuevo (K2hn).

Región noreste del departamento

Hacia el noreste del departamento se reconocen en la región Cesar-Ranchería las áreas calcáreas de Barrancas (803) y Hato Nuevo (804).

El área calcárea 803 abarca la parte septentrional de los montes de Perijá, desde San Pedro hasta el filo alto del Cedro, y el área calcárea 804 comprende las riberas derechas de los ríos Cesar y Ranchería, las estribaciones orientales de la Sierra Nevada de Santa Marta, desde San Juan del Cesar, en el sur, hasta Cuestecitas, en el norte.

Las unidades calcáreas de interés son las sedimentitas del Devónico medio y Carbonífero (DCs), así como las unidades cretácicas de las formaciones Cogollo superior (K2s), Colón (K2cl) y Hato Nuevo (K2hn).

Región septentrional del departamento

En la parte septentrional de departamento, en la región de la Alta y Baja Guajira, ocurren unidades geológicas con contenido de capas calcáreas que son algo diferentes de las que ocurren en el meridión de La Guajira. En primer lugar, hay áreas inmediatamente al sur de la Falla Cuisa, que terminan en cercanías de Flor de La Guajira, localidad próxima a la bahía y al puerto homónimo. Y al final, al norte de la falla Cuisa, se encuentran los afloramientos más septentrionales, portadores de capas calcáreas (figura 55). Los cambios en la nomenclatura recuerdan los cambios estratigráficos.

Las unidades que contienen calizas se pueden distribuir en tres áreas calcáreas (figura 56): laguna de Kuisa (805), Flor de La Guajira (806) y Punta Espada (807).

En estas áreas se hallan las siguientes unidades estratigráficas:

Sedimentitas cretácicas con calizas intercaladas a arcillolitas o lodolitas calcáreas. Se han subdividido en siete formaciones, denominadas Formación Paschachi (K1ps), Formación Maraca (K1ma), Formación Cogollo inferior (K1c), Formación Yuruma superior (K1ys), Formación Maina (K1m), Formación Palanz (K1p) y se añade la Formación La Luna, en cercanías de Punta Espada.

Las carreteras se dirigen de Maicao a Uribia y luego a Castillete y Puerto López, y desde allí es posible dirigirse hacia Nazaret y Punta Espada, por un lado, y al cabo de la Vela, por el otro, para luego seguir rumbo al sur hasta Manaure y Uribia. Hay vías de penetración hacia algunos de los lugares de interés.

Al seguir las subdivisiones en áreas calcáreas (figuras 55 y 56), al sur del departamento, se observa:

En el área 801 aflora en la margen izquierda del río Cesar, sobre las estribaciones occidentales de la serranía de Perijá, un grueso conjunto de sedimentitas del Devónico medio y Carbonífero (DCs), compuesto por un conglomerado basal, cubierto a su vez por arenitas de cuarzo rojas, por lodolitas y limonitas rojas y por calizas fosilíferas de edad Carboniana y Permiana, que ya se describieron para el área calcárea 705 San Diego. Las calizas afloran al este de Urumita y Villanueva, donde se indica un espesor de 300 metros para las rocas que provienen desde Manaure, 115 metros de los cuales corresponden al miembro superior de calizas fosilíferas (Forero, en Rodríguez & Londoño, 1999, pp. 155-157), que Tschanz et al. (1970, p. 20) definen como “gruesa sección de calizas pérmicas del oriente del Molino”.

En el área calcárea 802 Sabaneta, siguen aflorando las sucesiones calcáreas paleozoicas observadas en el sur sobre la serranía de Perijá. Estas mismas sucesiones de 300 metros de calizas, en efecto se observaron 16 kilómetros al sureste de Barrancas (Millar, en Rodríguez & Londoño, 1999, pp. 155, 157), pero por su acceso difícil se prefirió estudiar las calizas cretácicas ocurrentes en la ribera derecha de río Ranchería, en la localidad La Chorrera (al oeste de Distracción).

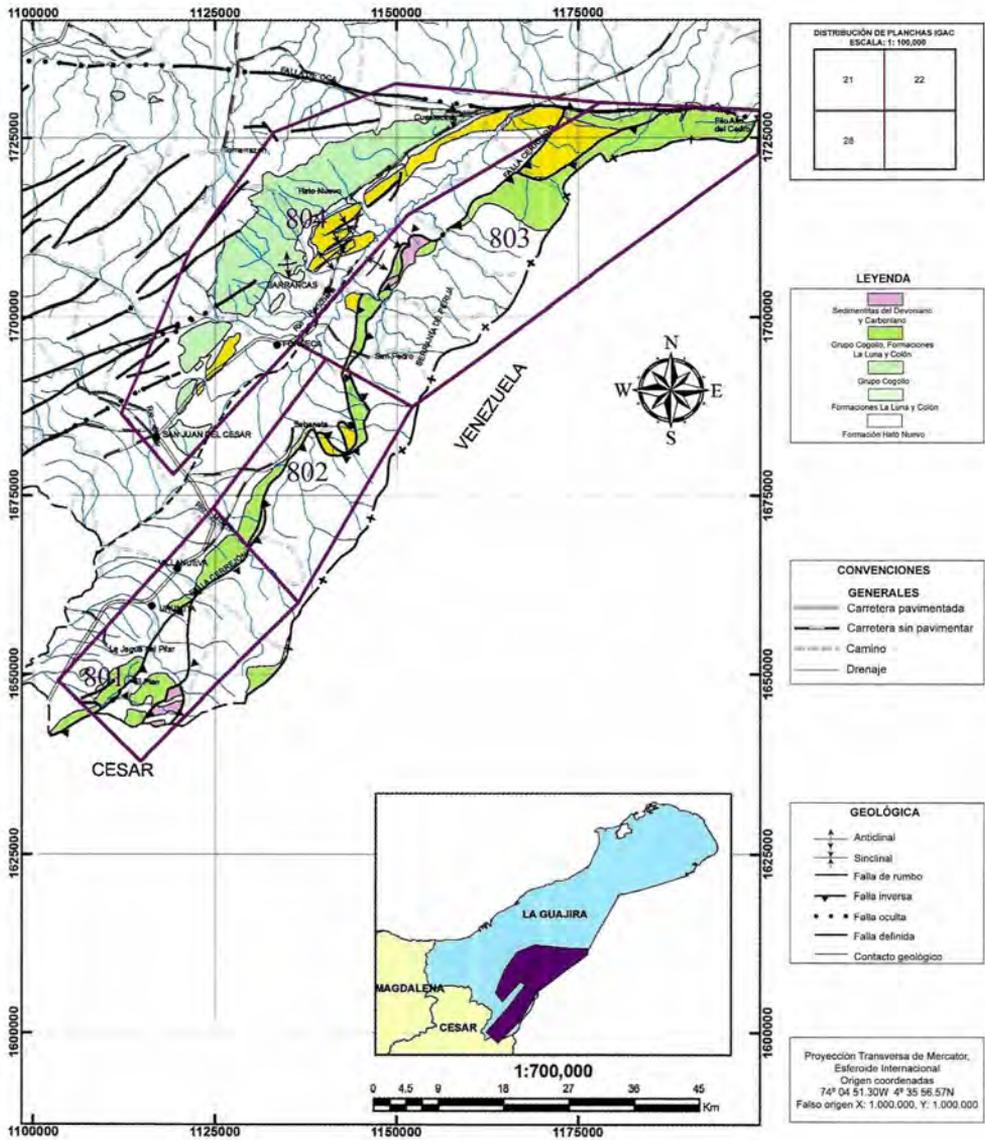


Figura 55. Mapa geológico de la región Cesar-Ranchería.

Fuente: Ingeominas.

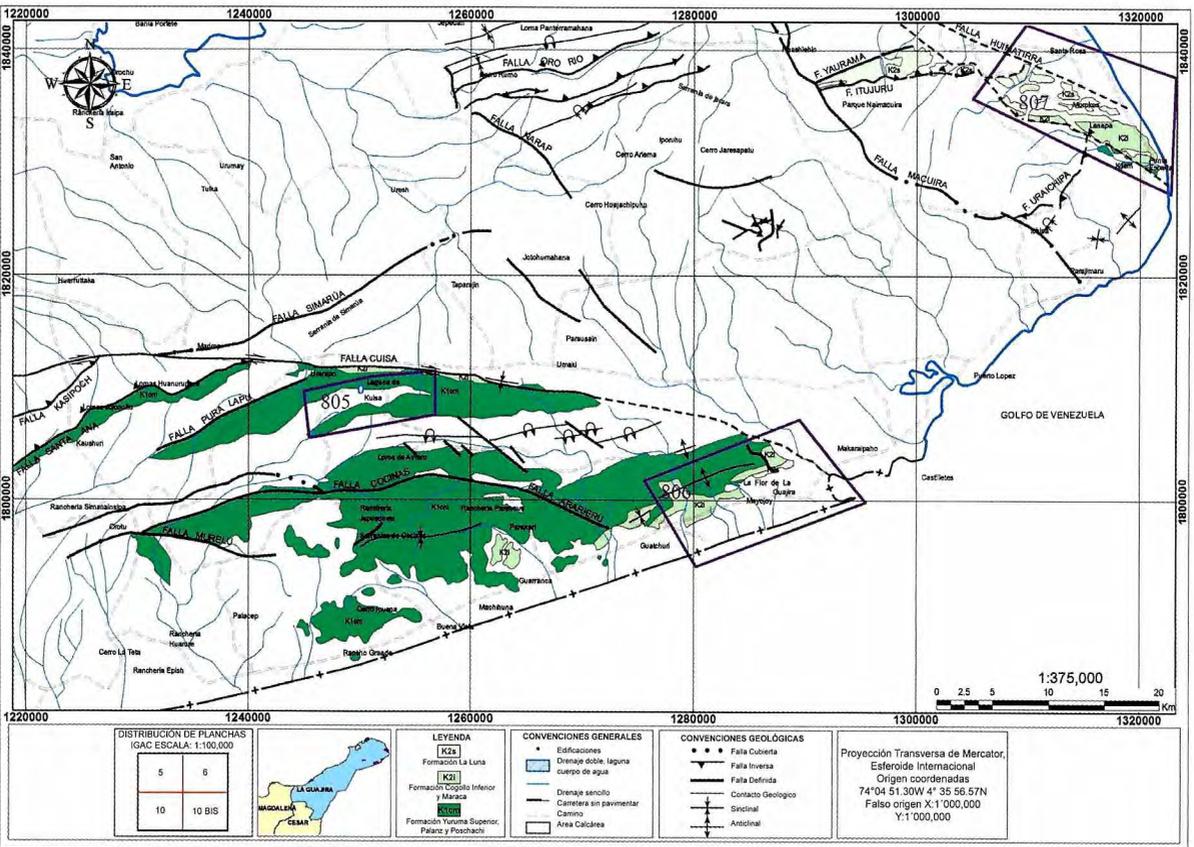


Figura 56. Mapa geológico de la región Alta y Baja Guajira de la zona calcárea 8 de La Guajira.

Fuente: Tschanz, 1970, cuadro 9.

En el área calcárea 803, que se extiende sobre los Montes de Perijá, desde Barrancas hasta el filo alto del Cedro, las sucesiones calcáreas paleozoicas se reducen a los afloramientos presentes al respaldo del Cerrejón y no se evaluaron porque su localización es mucho menos favorable que las de las unidades cretácicas. En todo el borde oeste de la serranía ocurre además la Formación La Quinta, cubierta por las formaciones cretácicas Cogollo superior (K2s), Colón (K2cl) y Hato Nuevo (K2hn), portadoras de calizas. En 1956, la parte superior de la Formación Hato Nuevo se muestreó en el anticlinal de Papayal. Todas estas muestras indican una caliza adecuada para cemento, pero su calidad es generalmente inferior a la de las calizas de La Chorrera (Tschanz et al., 1970, p. 16).

En el área calcárea 804 se tienen grandes afloramientos de las formaciones cretácicas Cogollo superior (K2s), Colón (K2cl) y Hato Nuevo (K2hn). Su evaluación pertenece a la valoración conducida sobre la ribera derecha del Ranchería, entre San Juan y Cuestecitas. Allí, estas calizas se extienden por 45 kilómetros desde San Juan hasta Cuestecitas, sobre un ancho promedio de siete a ocho kilómetros. Su espesor promedio es de 615 metros, sobre un área de afloramiento de 300 km². Se muestreó únicamente un intervalo, típico para toda el área, de 48,7 metros de espesor en el sitio Los Hornitos. Al utilizar sólo este intervalo, se calculan reservas inferidas de cinco mil millones de toneladas.

La composición química de la sucesión muestreada en Los Hornitos se da a continuación (tabla 45).

Tabla 45. Calidad promedio de calizas de Los Hornitos

Muestra	Espesor	H ₂ O -105 °C	Pérdida por ignición 105-100 °C	Residuo insoluble en HCl	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaCO ₃	MgCO ₃
1211-1212	1,30	0,14	42,79	1,98	53,17	0,86	0,00	0,09	0,73	94,95	1,80
1210	0,75	0,11	42,55	2,50	53,10	0,62	0,00	0,14	0,81	94,82	1,30
1209	0,65	0,13	42,38	2,63	52,88	0,72	0,00	0,13	0,92	94,43	1,51
1208	0,50	0,20	42,72	2,16	52,77	1,11	0,00	0,12	0,68	94,23	2,32

Continuación

1207	0,50	0,15	42,89	1,94	52,15	1,69	0,00	0,07	0,88	93,11	3,53
1205-1206	1,60	0,11	42,93	1,89	52,94	1,15	0,00	0,17	0,60	94,63	2,41
1204	0,65	0,11	43,21	1,40	53,40	1,09	0,00	0,09	0,46	95,36	2,28
1203	0,95	0,13	43,08	2,05	52,00	1,92	0,00	0,16	0,54	92,86	4,02
1202	0,40	0,05	42,92	2,27	52,73	1,27	0,00	0,08	0,57	94,16	2,66
1201	0,35	0,12	42,85	1,91	53,85	0,40	0,00	0,13	0,62	96,16	0,84
1200	0,60	0,10	42,95	1,75	53,60	0,70	0,00	0,12	0,58	95,71	1,46
1199	0,50	0,08	42,74	2,37	52,15	1,59	0,00	0,19	0,66	93,13	3,33
1198	1,20	0,12	43,71	0,87	52,69	2,02	0,00	0,11	0,34	94,09	4,22
1196-1197	1,40	0,17	43,05	1,74	52,59	1,55	0,00	0,15	0,62	93,92	3,24
1195	0,70	0,13	43,35	1,22	53,27	1,33	0,02	0,10	0,43	95,13	2,78
1193-1194	1,07	0,14	43,20	1,55	52,79	1,51	0,01	0,08	0,55	94,26	3,15
1191-1192	1,05	0,08	43,37	1,30	52,98	1,55	0,00	0,11	0,43	94,61	3,24
1189-1190	0,92	0,16	43,12	1,33	53,27	1,12	0,01	0,12	0,69	95,12	2,34
1187-1188	1,10	0,10	43,14	1,56	52,31	1,88	0,04	0,14	0,62	93,41	3,94
1186	0,25	0,19	43,30	1,41	52,31	2,00	0,02	0,10	0,53	93,41	4,18
1185	0,75	0,14	42,63	1,88	53,85	0,28	0,02	0,26	0,72	96,16	0,59
1183-1184	1,60	0,13	42,94	1,40	54,23	0,25	0,03	0,10	0,68	96,83	0,52
1182	0,45	0,14	43,10	1,55	53,85	0,65	0,02	0,12	0,46	96,16	1,36
1180-1181	1,05	0,09	43,18	1,14	53,88	0,76	0,00	0,23	0,72	96,21	1,60
1179	1,16	0,05	43,41	0,95	53,49	1,26	0,00	0,18	0,52	95,52	2,63
1177-1178	1,00	0,70	43,12	1,64	53,26	1,12	0,00	0,09	0,55	95,09	2,35
1176	0,17	0,10	43,28	2,20	50,77	3,02	0,00	0,08	0,42	90,66	6,31
1175	0,23	0,10	43,08	1,47	53,85	0,65	0,00	0,09	0,66	95,16	1,36
1172-73-74	2,15	0,11	43,08	1,53	53,37	0,94	0,00	0,10	0,69	95,49	1,97
1171	0,40	0,16	43,13	1,24	53,31	1,01	0,06	0,15	0,74	95,20	2,11
1169-1170	1,50	0,09	43,12	1,54	53,07	1,24	0,04	0,09	0,56	94,77	2,60
1168	0,30	0,03	43,02	2,12	52,54	1,56	0,00	0,09	0,46	93,82	3,26
1166-1167	1,30	0,10	42,96	1,85	53,22	0,96	0,01	0,10	0,64	95,04	2,01
1165	0,65	0,03	42,69	2,46	52,31	1,45	0,00	0,14	0,81	93,41	3,03
1164	0,60	0,13	43,28	1,66	52,00	2,06	0,00	0,09	0,61	92,86	4,31
1163	0,60	0,10	43,71	1,15	50,77	3,36	0,00	0,11	0,64	90,66	7,02
1161-1162	0,95	0,06	43,65	1,37	53,65	0,78	0,00	0,13	0,76	95,81	1,64
1160	0,35	0,02	42,79	2,11	53,23	0,87	0,06	0,13	0,71	95,05	1,82
1159	0,35	0,04	42,78	2,22	52,69	1,23	0,00	0,12	0,73	94,09	2,57

...

Continuación

1158	0,80	0,03	42,85	2,37	53,08	0,96	0,04	0,06	0,45	94,78	2,01
1157	0,70	0,02	43,60	0,83	53,85	1,15	0,00	0,04	0,31	96,20	2,40
1156	0,30	0,03	43,65	1,44	52,46	2,03	0,00	0,05	0,40	93,68	4,25
1155	0,60	0,07	43,00	1,67	53,20	1,04	0,07	0,10	0,68	95,00	2,17
1152-53-54	1,45	0,11	43,01	1,70	53,92	0,55	0,01	0,08	0,43	96,62	1,15
1150-1151	1,30	0,11	42,79	1,97	53,54	0,63	0,01	0,10	0,64	95,66	1,32
1149	0,82	0,06	43,46	0,89	53,69	1,11	0,00	0,07	0,58	95,88	2,32
1147-1148	1,25	0,07	43,23	0,88	54,91	0,02	0,03	0,05	0,57	98,06	0,05
1145	0,55	0,04	43,60	0,33	55,23	0,17	0,05	0,04	0,46	98,63	0,36
1144	0,73	0,05	43,44	0,98	54,23	75,00	0,00	0,05	0,35	96,84	1,57
1143	0,21	0,08	43,23	0,97	54,62	0,10	0,00	0,05	0,75	97,53	0,21
1142	0,15	0,11	43,20	1,13	53,85	0,80	0,00	0,05	0,75	96,16	1,67
1140-1141	1,00	0,07	43,34	1,02	54,68	0,28	0,02	0,04	0,36	97,65	0,59
1139	0,50	0,09	43,50	0,54	55,00	0,25	0,00	0,03	0,47	98,21	0,52
1138	0,40	0,11	43,03	1,52	53,85	0,60	0,00	0,06	0,74	96,16	1,25
1137	0,80	0,11	43,55	0,43	55,00	0,40	0,00	0,05	0,35	98,21	0,84
1134-35-36	2,10	0,25	43,34	0,91	53,90	0,79	0,04	0,07	0,56	96,25	1,65
1130-31-32-33	3,25	0,07	43,63	0,59	54,78	0,45	0,04	0,04	0,30	97,83	0,95
1127-28-29	2,20	0,01	43,29	0,92	54,58	0,32	0,10	0,07	0,62	97,38	0,60
1125-1126	1,20	0,02	43,32	0,78	54,31	0,13	0,05	0,06	0,63	97,87	0,26
1124	0,55	0,10	43,40	0,83	54,62	0,20	0,00	0,06	0,59	97,54	0,21
1214	0,60	0,05	43,10	1,49	52,23	1,88	0,00	0,34	0,76	93,27	3,93
1213	0,60	0,08	42,89	1,81	53,29	0,89	0,00	0,12	0,83	95,16	1,86
Promedio		0,11	43,12	1,50	53,34	1,05	0,01	0,21	0,59	95,26	2,19

Fuente: Tschanz et al., 1970, cuadro 9.

Los análisis realizados sobre 90 muestras indican una calidad muy uniforme de composición promedio de 53,3% en CaO; 43,12% en pérdidas de ignición; 1,5% en materias insolubles; 1,05 en MgO; 0,03% en P₂O₅; 0,1% en Fe₂O₃; y 0,6% en Al₂O₃. Estos depósitos pueden explotarse a cielo abierto o por minería subterránea, para obtener materia prima para producir cemento y otros productos (Tschanz et al., 1970, pp. 15-19, cuadro 9).

En el área calcárea 805 hay sedimentitas cretácicas donde las calizas se intercalan con arcillolitas y lodolitas calcáreas. Se han reconocido en este lugar siete formaciones, antes nombradas, portadoras de reservas calcáreas (como se puede

observar en Rodríguez & Londoño, 1999, figuras 38, 40, 43), pero no se han llevado a cabo análisis químicos, ejecutado cálculos de reservas o de recursos, ni tampoco se tiene ningún plan de explotación.

En el área calcárea 806 ocurren en la ribera meridional de la quebrada Batauari las mismas sedimentitas cretácicas presentes en la otra ribera de la quebrada y nombradas para el área de la laguna de Kuisa. Aquí tampoco se han hecho los trabajos necesarios para dar un cálculo de recursos, calidad, o mostrar sus condiciones de explotación.

Sobre el área calcárea 807 los conocimientos geológicos son mínimos, ya que sólo se ha señalado la ocurrencia de ciertas unidades calcáreas. Las dimensiones de los afloramientos son pequeñas. No se conocen la calidad de los recursos ni sus condiciones de explotación.

Potencial y perspectivas

Las reservas inferidas tienen aproximadamente la siguiente composición promedio en porcentaje por peso: 53,3% en CaO; 43,4% en pérdidas de ignición; 1,5% en residuos insolubles; 1,05 en MgO; 0,03% en P_2O_5 ; 0,1% en Fe_2O_3 ; y 0,6% en Al_2O_3 (tabla 46). Esta caliza de alta pureza podría usarse para producir cemento, para elaborar carburo de calcio, cianamida, carbonato sódico anhidro y otros productos con requerimientos menos exigentes. Estos depósitos pueden explotarse a cielo abierto o por minería subterránea, para obtener materia prima.

Tabla 46. Calidad promedio de las reservas de la zona calcárea La Guajira

Pérdida por ignición	Residuo insoluble	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Al_2O_3
43,4	1,5	53,3	1,05	0,03	0,1	0,3

Fuente: Tschanz et al., 1970.

La ubicación de la caliza, cerca de Distracción, es muy favorable: carreteras, ferrocarril (ferrocarril del carbón), depósitos de arcilla y agua se encuentran dentro de pocos kilómetros a la redonda. Roca arcillosa, aparentemente adecuada para hacer la mezcla apropiada para el cemento pórtland, está presente en las mismas secuencias cretácicas. El yeso también podría transportarse desde La Guajira o de una nueva mina cerca de Bucaramanga (Tschanz et al., 1970, pp. 1, 4, 15). Hay que investigar el mercado venezolano por la posibilidad, por remota que sea, de absorber en parte la eventual producción de cemento, cuyo precio de transpor-

te está al origen de la actual situación nacional, caracterizada por muchas fábricas dispersas en el territorio.

En cuanto a su aprovechamiento, existen dos explotaciones intermitentes de material lapidario en cercanías de Barrancas.

El potencial calcáreo de la zona calcárea 8 Guajira supera la cifra de cinco mil millones de toneladas, cifra dada únicamente para el área calcárea Hato Nuevo, ya que para las demás áreas se desconoce esta información.

Zona calcárea 9 Magdalena

La zona calcárea 9 corresponde al departamento de Magdalena, localizado al norte de Colombia, en la región de la llanura del Caribe (figura 20, zona 9).

Localización, extensión y vías de acceso

Magdalena limita al norte con el mar Caribe, al oriente con los departamentos de La Guajira y Cesar, y al sur y occidente con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Bolívar y Atlántico (figura 57). Tiene una superficie de 23.188 km² y su capital es Santa Marta.

El departamento cuenta con una buena red vial de pasajeros y transporte de carga entre su capital, los municipios del departamento y el resto del país. Tiene un muelle fluvial para embarcaciones pequeñas, en el municipio de El Banco, y para las comunicaciones marinas dispone de un moderno muelle en la bahía de Santa Marta, que permite intenso movimiento portuario.

Aspectos físicos

El paisaje del departamento presenta cuatro conjuntos geomórficos: delta del río Magdalena, la sabana caribeña, la planicie fluvio lacustre y la Sierra Nevada de Santa Marta.

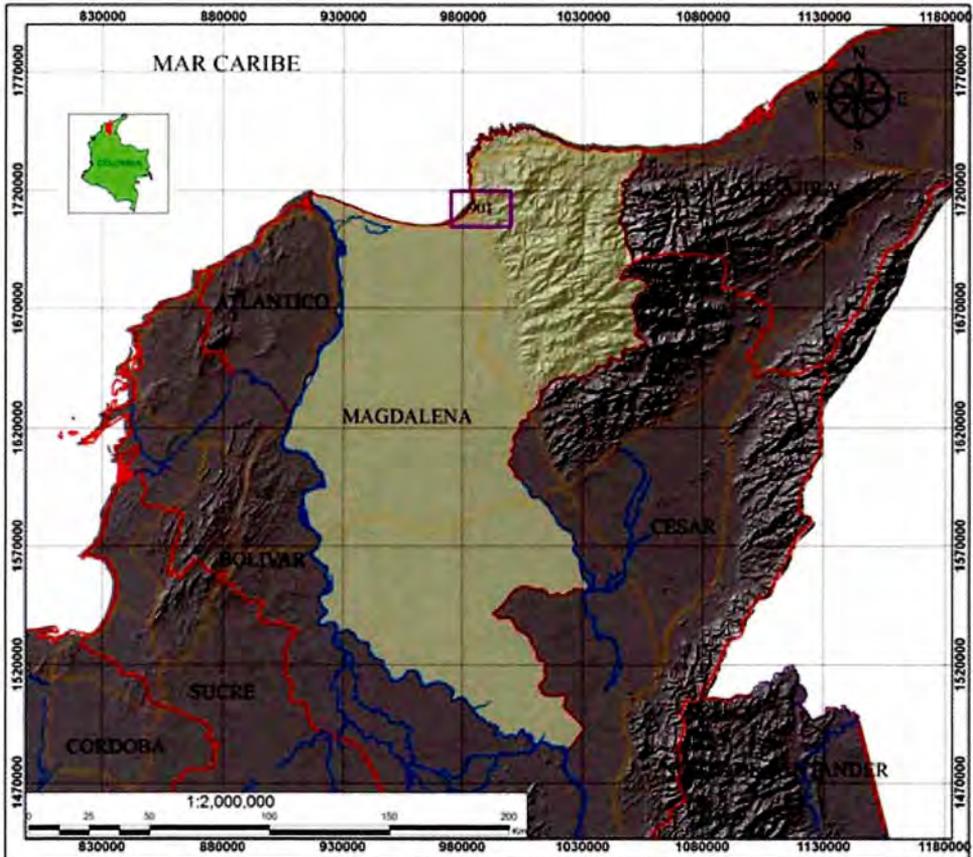
El delta del río Magdalena está al noroccidente, con la zona costera de la planicie marina y un gran número de ciénagas de origen lacustre y marino; allí el clima es cálido y semiárido.

La sabana caribeña comprende un conjunto de áreas de relieve plano a ondulado, con clima semiárido a semihúmedo, donde dominan los pastos y se extienden también sectores cultivados con banano y palma africana.

La planicie fluvio lacustre, al sur, de la cual forma parte la Depresión Momposina, es un área plana, sujeta a inundaciones, que se extiende desde

la población de Plato, de clima cálido semiárido, hasta la población de El Banco, de clima semihúmedo.

La Sierra Nevada de Santa Marta, al noreste, es un inmenso macizo aislado del sistema andino, de forma piramidal, cuyos rasgos orográficos más importantes son sus picos nevados, como el Simón Bolívar y Cristóbal Colón (5775 metros), Nevaditos (5375 metros) y Guardián (5235 metros). Presenta todos los pisos térmicos y variedad de condiciones de humedad y de cobertura vegetal.



CONVENCIONES — Vías — Ríos □ Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 57. Mapa de localización de la zona calcárea 9 Magdalena.

Fuente: Ingeominas.

El departamento se encuentra en mayor proporción en el piso térmico cálido (84,5%); el resto del territorio se localiza en los pisos templado (7,5%), frío (3,9%), muy frío a extremadamente frío (3,6%) y nival (0,5%). Está bañado por numerosos ríos, entre los cuales se enumeran el Magdalena, el Ariguaní, el Aracataca, Sevilla, Don Diego, Dibulla y Guatapuri.

Aspectos ambientales y sociales

En el departamento se distribuye una población de 1.149.917 habitantes de manera más bien irregular, por estar concentrada en unas cuantas áreas dentro de los 29 municipios en ella reconocidos.

Para la población, la cobertura de servicio de acueducto alcanza el 68,4%, de alcantarillado el 40,2%, de energía eléctrica el 88,6%, de telefonía fija el 24,1% y de cobertura de gas natural el 38,8%. El cerro de Punta Betín y los museos de Oro Tayrona, de San Pedro Alejandrino y la Ciudad Perdida son apenas algunos de los múltiples atractivos culturales y turísticos de este departamento. La capital tiene una población de 385.122 habitantes, dedicados al movimiento portuario, al comercio, a la industria y al turismo (Igac, 2008, pp. 527-530).

Áreas calcáreas

La zona calcárea 9 está localizada, en cuanto a ocurrencia de unidades calcáreas con sus depósitos, en la Sierra Nevada de Santa Marta (figura 58). “El mármol se ha encontrado en las granulitas del Precámbrico (Los Mangos), en el Esquisto de Gaira, en el Esquisto sin Diferenciar y en el Neis de los Muchachitos. Los depósitos más grandes en el Esquisto de Gaira, cerca de Ciénaga, son cartografiados como una unidad separada. Otros estratos de mármol en la Cuchilla de Piedras Blancas y en los Esquistos sin Diferenciar cerca de Buritaca están en los Esquistos eocénicos. Muchos otros estratos delgados de mármol se observaron en el Esquisto de Gaira, al sur del Batolito de Santa Marta” (Tschanz et al., 1970, p. 21).

La Sierra Nevada de Santa Marta es una zona montañosa, aislada y triangular, en la costa septentrional de Colombia, en la que comparecen algunas áreas con afloramientos, muy distantes entre sí, de unidades calcáreas ocurrentes en los bordes inferiores de la sierra. No obstante “los numerosos periodos de intrusiones graníticas, de metamorfismo y de extensas erupciones volcánicas, los depósitos metálicos son pequeños y dispersos, con potenciales económicos también pequeños” (Tschanz et al., 1970, p. 1). Los depósitos más importantes son

los no metálicos, como la caliza, pero en la parte magdalenense de la Sierra Nevada tampoco estos últimos depósitos crean localmente muchas expectativas.

A renglón seguido se indican las localidades donde afloran los mármoles ya nombrados (figura 58). El departamento se divide en cuatro áreas calcáreas, denominadas Ciénaga, Buritaca, Los Muchachitos y Piedras Blancas.

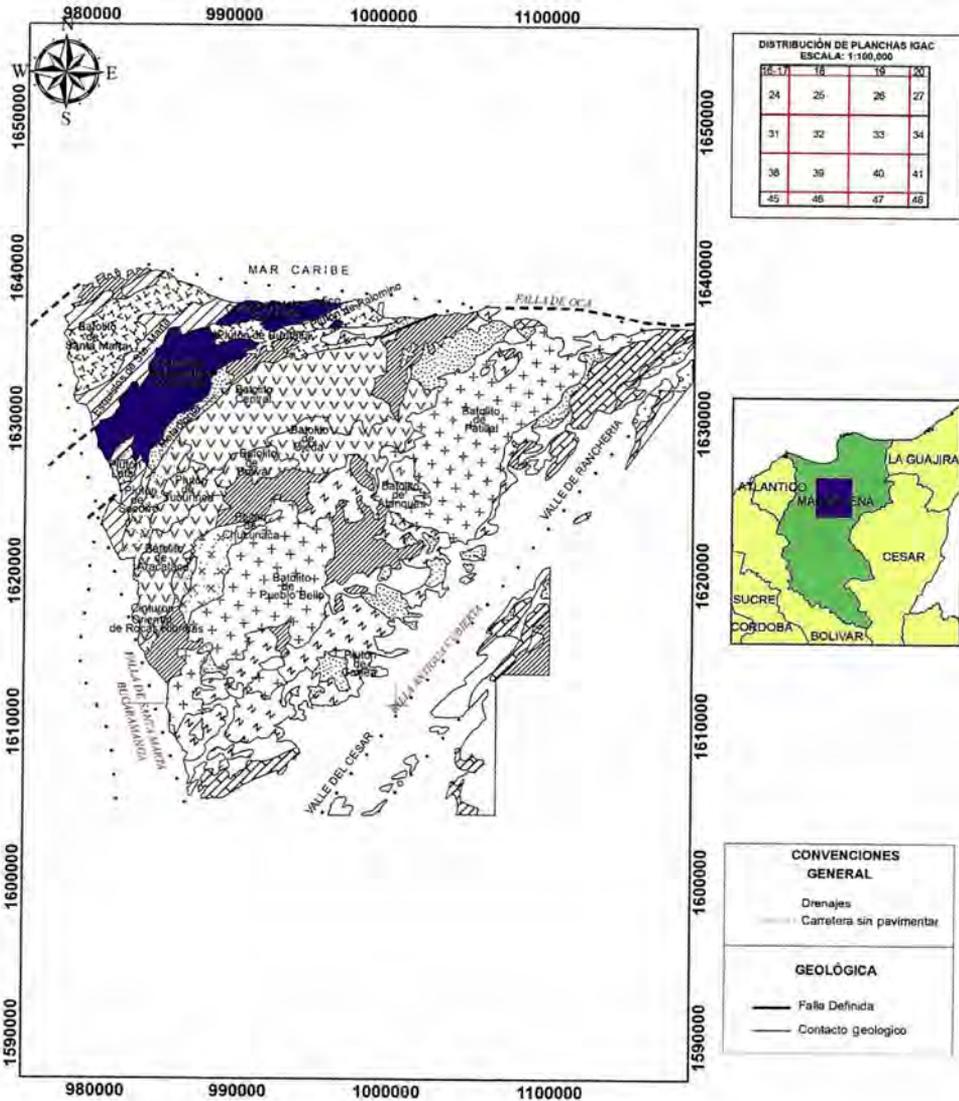


Figura 58. Ocurrencia de unidades calcáreas en la Sierra Nevada de Santa Marta.

Fuente: Tszanz et al., 1970.

Área calcárea 901 Ciénaga

La carretera que conduce de Bosconia (departamento de Cesar) hasta Santa Marta se abre hacia el occidente, en cercanías de la ciudad de Ciénaga, en dirección a Barranquilla. Desde este cruce hacia el oriente, por el río Córdoba, aproximadamente a cinco kilómetros de esta pequeña ciudad, asoman a la superficie del terreno montañoso, en las estribaciones de los montes de la Sierra, dos pequeñas áreas con mármol, mármol dolomítico y metasedimentos calcáreo-arenosos que abarcan una extensión de 2,6 km². Estos afloramientos de mármol pertenecen al conjunto nombrado Esquistos de Gaira (figura 59).

Se interpreta que el mármol es un miembro de los Esquistos de Gaira porque yace encima y por debajo de esquistos, pero las relaciones en el campo no son muy claras y quedan abiertas otras interpretaciones. Los mármoles se hallan claramente intruidos por el batolito (figura 60).

La unidad marmórea se divide en dos miembros: uno inferior, de mármol relativamente puro y bajo en magnesio, y otro superior, de mármol arenoso impuro, de metasedimento calcáreo, metalimolita, cuarcita y probablemente de mármol dolomítico. El espesor aparente de la serie es de unos 460 metros, el inferior de 230 a 250 metros y el superior de 230 metros. El yacimiento de mármol se ha explotado durante muchos años en nueve localidades.

La roca se utilizaba para revestimiento de pisos en Barranquilla o para producir cal viva dedicada al blanqueamiento, y había planes de producir granulado para exportación. Para el material de mejor calidad se sugirió su empleo en insecticidas y fungicidas, en la elaboración de carburo de calcio, cemento pórtland, mármol ornamental, dolomita refractaria y agrícola, ladrillos de arena calcárea (calicanto) y tratamiento de aguas (Tschanz et al., 1970, pp. 22-26).

Los datos disponibles son insuficientes para calcular las reservas medidas o indicadas (actualmente se prefiere evitar el uso de las palabras "probadas y probables" utilizadas por Tschanz) o para determinar la calidad precisa, porque los análisis químicos son demasiado variables y muchos estratos impuros pueden ocurrir aún en el miembro inferior, y porque se requiere muestreo adicional. Las reservas inferidas e hipotéticas (posibles y potenciales en uso en ese entonces) se calcularon para expresar la incertidumbre sobre el volumen debido a que la profundidad hasta las rocas del batolito es desconocida. Con estas limitantes, el bloque occidental del miembro inferior tiene espesor estratigráfico de 200 metros, longitud de 800 metros y ancho de 150 metros aproximados, según el buzamiento; con la gravedad específica de 2,3, se calcula unas reservas hipotéticas de

55.200.000 toneladas, una cuarta parte de las cuales, igual a 13.800.000 toneladas, podría ser fácilmente explotable, con los siguientes análisis en porcentajes promedio: CaO, 49,57%; MgO, 0,64%, y residuo insoluble del 5,78%.

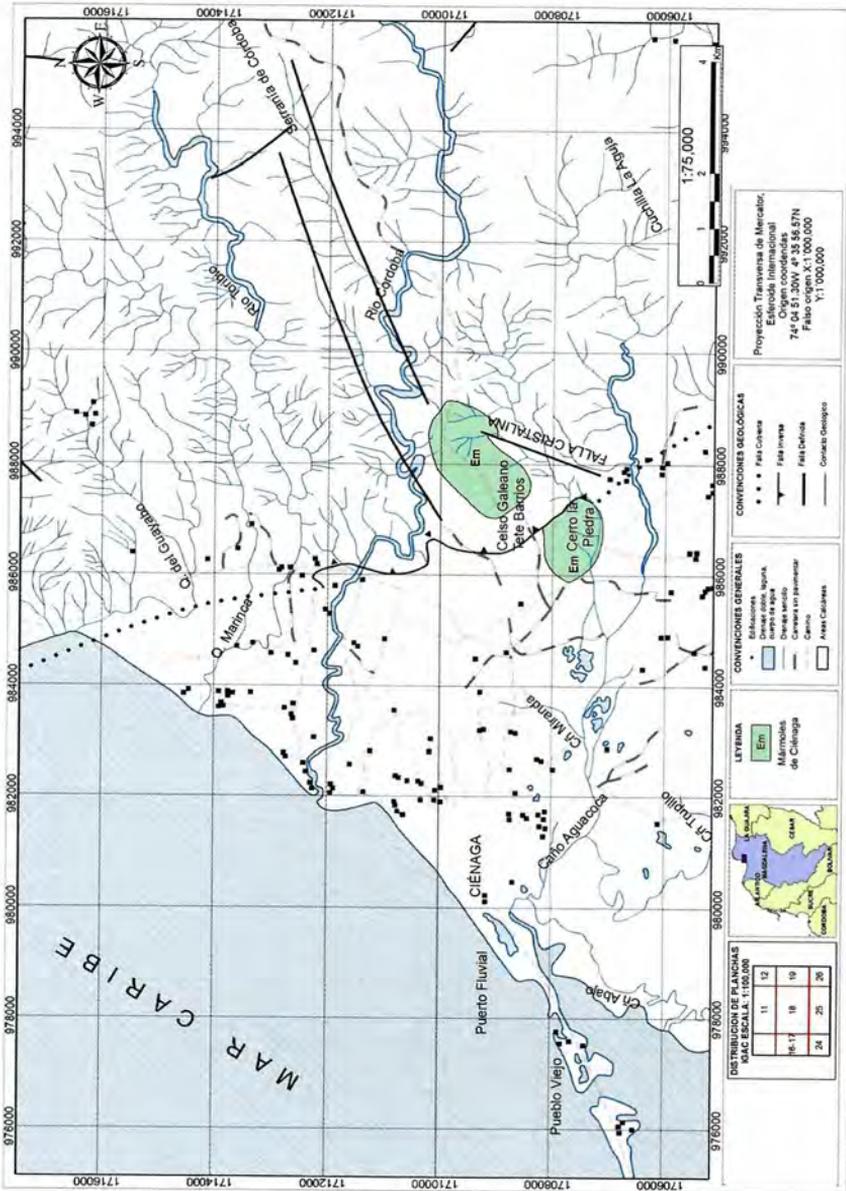


Figura 59. Área calcárea Ciénaga.

Fuente: Ingeominas.

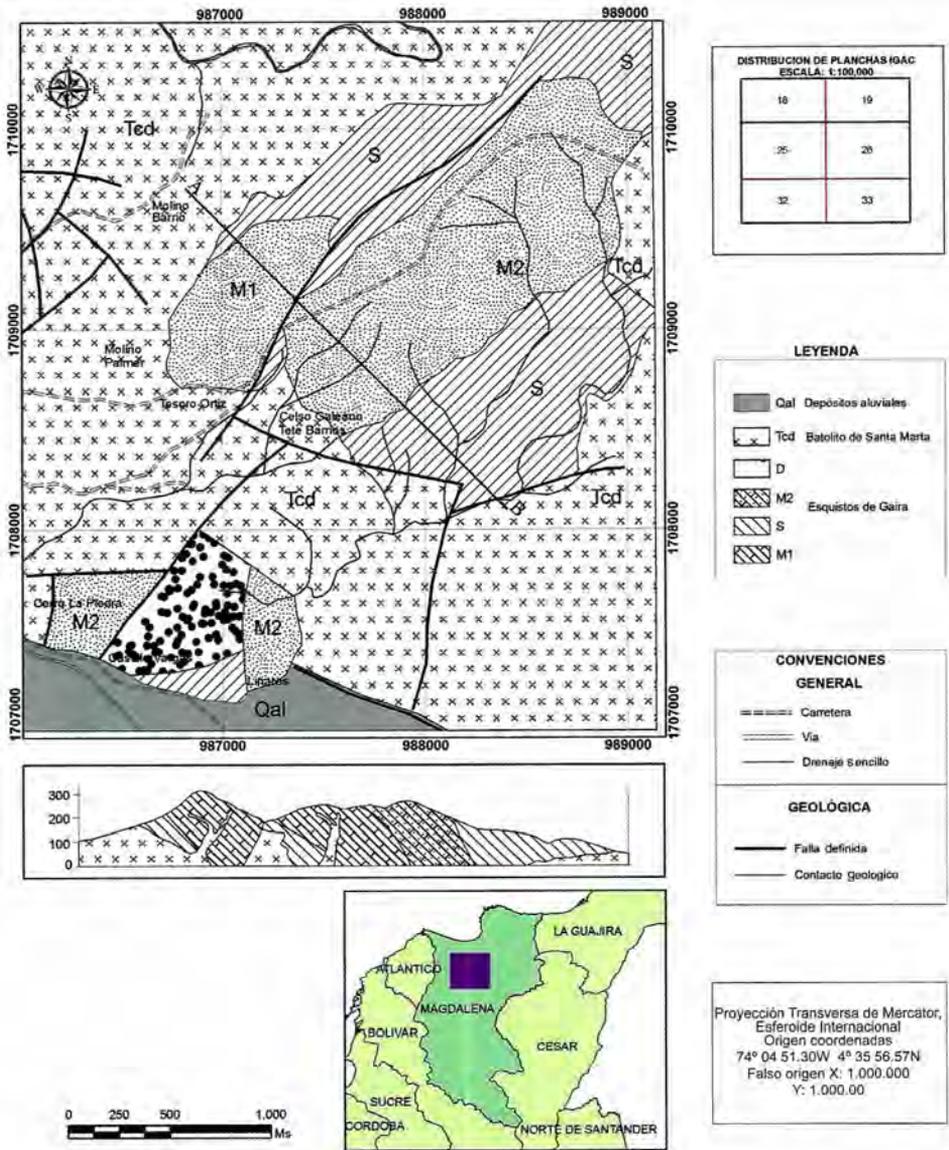


Figura 60. Mapa geológico y sección transversal del mármol y la dolomita de Ciénaga.

Fuente: Tszanz et al., 1970, figura 2 (Modificado por Ingeominas).

La parte oriental del miembro inferior, al oriente de la falla, está cubierta por el miembro superior. Tiene expuesto un espesor estratigráfico de 100 metros, una longitud de 1000 metros y un ancho promedio de 50 metros; con la gravedad específica de 2,3, el tonelaje hipotético máximo se calculó en 11.500.000 toneladas, cuya quinta parte sería fácilmente explotable por encima del nivel de la quebrada. En total, se calcula un potencial de 67 millones de toneladas. Para la caliza dolomítica de La Pedrera no se dan reservas (Tschanz et al., 1970, pp. 26-27).

En diciembre de 1999 se registraron trece explotaciones de mármoles. La extracción de la roca se hace a cielo abierto con sistemas de frente único y terraceo. El arranque es manual (IMN, 2000, p. 50).

Otras áreas calcáreas

Como se expone a continuación, las otras áreas calcáreas, localizadas en Buritaca, en Los Muchachitos y en Piedras Blancas, no tienen las suficientes reservas como para considerarlas de interés.

Varios estratos de mármol arenoso impuro afloran dentro del Esquisto de Gaira aproximadamente a dos kilómetros al sur de la Falla El Carmen. El estrato superior tiene entre 35 y 40 metros de espesor, y junto con el estrato inferior, puede seguirse por un kilómetro hasta cerca del río de Piedras. La composición de estos estratos es similar a la de los de Ciénaga. No se dan reservas.

El Neis de Buritaca se expone en la serranía de La Secreta y en la carretera a San Pedro de la Sierra. Es una unidad de ortoneises de composición granodiorítica, anfibólica y biotítica. En la parte alta hay cuerpos de mármol gris (IMN, 2000, p. 36).

El Neis de Los Muchachitos es una unidad de rocas metamórficas de alto metamorfismo regional que aflora en la cuchilla Paso de Muchachitos. En su parte intermedia contiene una capa de mármol con diópsido.

Potencial y perspectivas

Las reservas inferidas y las potenciales tienen aproximadamente la siguiente composición promedio en porcentaje por peso (tabla 47): CaO, 49,57%; MgO, 0,64%, y residuo insoluble del 5,78%. Esta caliza de alta pureza podría usarse para producir cemento, para la elaboración de carburo de calcio, cemento pórtland, mármol ornamental, dolomita refractaria y agrícola, ladrillos de arena calcárea (calicanto), tratamiento de aguas y para otros productos con requerimientos menos exigentes.

Tabla 47. Calidad promedio de las calizas de la zona calcárea Magdalena

Residuo insoluble	CaO	MgO
5,78	49,57	0,64

Para obtener esta materia prima, los depósitos pueden explotarse a cielo abierto o por minería subterránea.

En conclusión, el potencial de la zona calcárea 9 Magdalena está referido al área calcárea Ciénaga, donde se calculan reservas hipotéticas de 66 millones de toneladas, de las cuales una cuarta parte (13 millones) podría ser de fácil explotación; las áreas calcáreas de Buriticá, Los Muchachitos y Piedras Blancas no se consideran de interés en su evaluación preliminar.

Zona calcárea 10 Atlántico

La zona calcárea 10 está localizada al norte de Colombia, en el departamento del Atlántico (figura 20, zona 10).

Localización, extensión y vías de acceso

La zona calcárea 10 está dentro del departamento del Atlántico. Este departamento limita al norte con el mar Caribe y al oriente con el río Magdalena, que lo separa del departamento homónimo; al sur, con los departamentos de Bolívar y Magdalena, y por el occidente, con el departamento de Bolívar.

La carretera que viene de Barranquilla sigue hacia el sur-suroeste por la llanura atravesada por la carretera que conduce a Puerto Colombia y cruza los yacimientos cuaternarios de La Popa; esta carretera se prolonga hacia el suroeste por el borde costero y llega hasta Galerazamba; en este recorrido cruza los afloramientos meridionales de la Formación La Popa, en el área de Juaruco. Luego se proyecta más hacia el sur, hasta Santa Catalina. En este recorrido pasa al oeste de la ciénaga del Totumo por la loma Amena (Guzmán et al., 1998, mapa).

Otra vía es la carretera que sale de Barranquilla y se dirige hacia Piojó (planchas 16-17) (Barrera, 1998, mapa); cruza por Tubará y por los yacimientos allí presentes en la Formación Tubará, pliocénica, y luego se prolonga un poco más hacia el sur, al pasar por Palmar de Candelaria (plancha 24) (Reyes & Zapata, 2001, mapa) y Santa Catalina (plancha 23) (Guzmán et al., 1998, mapa). Esta carretera, después de Tubará, se dirige más al suroeste

hacia Galerazamba y pasa al norte de la ciénaga del Totumo (Guzmán et al., 1998), en cuya margen meridional se encuentra la colina de Morisca con su depósito de calizas (Ordóñez, 1960, p. 7).

Una tercera carretera sale de Barranquilla, pasa por Sabanagrande, Usiacurí y Molinero, continúa hacia Arroyo de Piedra y cruza el yacimiento calcáreo de la formación homónima.

Aspectos físicos

El paisaje de este departamento está compuesto por dos grandes conjuntos geomórficos:

La llanura del Caribe, modelada por el lomerío, el piedemonte y la planicie de relieve ondulado. El centro y el oriente, más planos, se formaron gracias a un clima más seco. En este ambiente se asienta la ciudad de Barranquilla.

La llanura deltaica del río Magdalena, en el noroeste, con su planicie aluvial fluvioacustre y el conjunto de ciénagas que lo bordean.

El clima en la totalidad del territorio es cálido, árido, las lluvias son escasas y se presentan por lo general entre los meses de septiembre y octubre.

Aquí se encuentran el gran embalse del Guájaró y las ciénagas de Luruaco y El Totumo; el río más importante es el Magdalena.

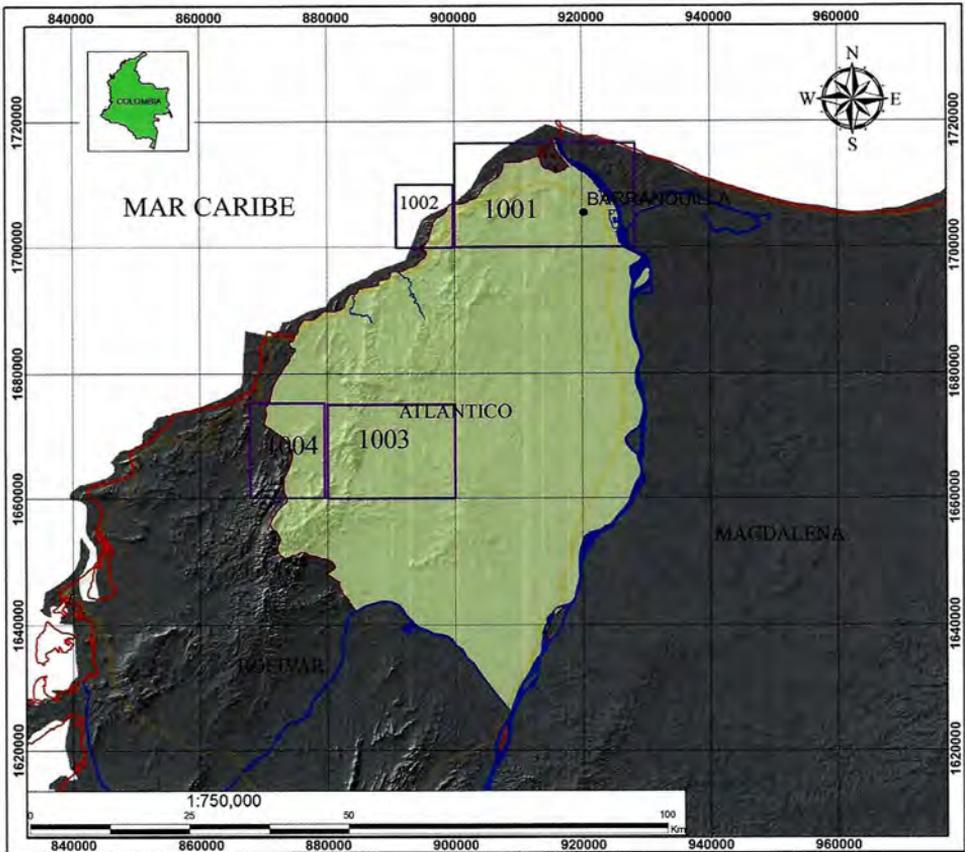
Aspectos sociales y ambientales

La población total es de 2.166.156 habitantes, principalmente urbana, conformada en un 95% por habitantes de las ciudades y el restante por los habitantes en los demás pueblos. El 88,7% de ellos tiene servicio de acueducto, el 75,6% cuenta con servicio de alcantarillado, el 97,9% posee servicio de energía eléctrica, el 40,6% telefonía fija y el 80,5% suministro de gas natural (Igac, 2008, p. 325).

Áreas calcáreas

La zona calcárea 10 se encuentra localizada, en cuanto a ocurrencia de unidades calcáreas con sus depósitos, en la llanura ondulada que se extiende al sur-suroeste de Barranquilla (figura 61). Los depósitos de caliza evaluados pertenecen a unidades litoestratigráficas referidas a edades terciarias y cuaternarias. Las investigaciones efectuadas en la parte meridional del Atlántico, y en la parte septentrional de Bolívar, estuvieron

motivadas por la necesidad de hallar materia prima calcárea para la industria de la manufactura de soda, en la planta que se proyectaba instalar en la costa atlántica (Ordóñez, 1960).



CONVENCIONES: — Vías — Ríos □ Áreas Calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 61. Mapa de localización de la zona calcárea 10 Atlántico y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Las calizas de esta zona calcárea se hallan en dos unidades que afloran en cuatro áreas:

- Área calcárea 1001 La Popa
- Área calcárea 1002 Tubará

- Área calcárea 1003 Arroyo de Piedra
- Área calcárea 1004 Colina de Morisca

En la Formación La Popa (Qpp), unidad del Pleistoceno alto, se extiende por una amplia superficie entre Barranquilla y Puerto Colombia, constituida por calizas arrecifales, macizas, de corales y moluscos, donde se instalaron las primeras explotaciones calcáreas.

Al norte de Tubará, en la Formación Tubará (Ngt) pliocénica, se encuentran arenitas de cuarzo calcáreas con intercalaciones de niveles de calizas bioclásticas; también al noroccidente de Tubará, en cercanías de Juaruco y del Morro, y en la misma formación La Popa (Barrera, 1998, pp. 41, 51, mapa).

Otro afloramiento de caliza se ha hallado en el corregimiento de Arroyo de Piedra (Atlántico), dentro de la Formación Arroyo, pliocénica, conformada por niveles de calizas arrecifales y detríticas intercaladas con margas (Reyes & Zapata, 2001, p. 26).

Por último el afloramiento de La Morisca, una colina de un kilómetro de largo por 500 metros de ancho, aproximadamente, localizada entre la ciénaga del Totumo y la carretera de la Cordialidad, donde ocurren capas de caliza eocénicas (Ordóñez, 1960, pp. 7-11). No se conoce con exactitud su localización y la unidad allí aflorante.

Los yacimientos de calizas y algunos depósitos de gravas y arenas han atraído la atención de los interesados en estos materiales. Más adelante se observan las localidades donde afloran los depósitos de calizas (figura 62).

Área calcárea 1001 La Popa

A uno y otro lados de la carretera que conduce de Barranquilla hasta Puerto Colombia se observa una gran área, ocupada por los afloramientos de la Formación La Popa (Qpp). Esta unidad la definió Bürgl (1959) como constituida de arcillas macizas, que pasan de manera gradual hacia arriba a calizas arrecifales, las que componen exclusivamente la parte superior. Su espesor es de unos 130 metros, compuestos de una sucesión de arenitas, lodolitas y calizas que aparece en Barrera (2001, figura 10) y que se presenta a continuación.

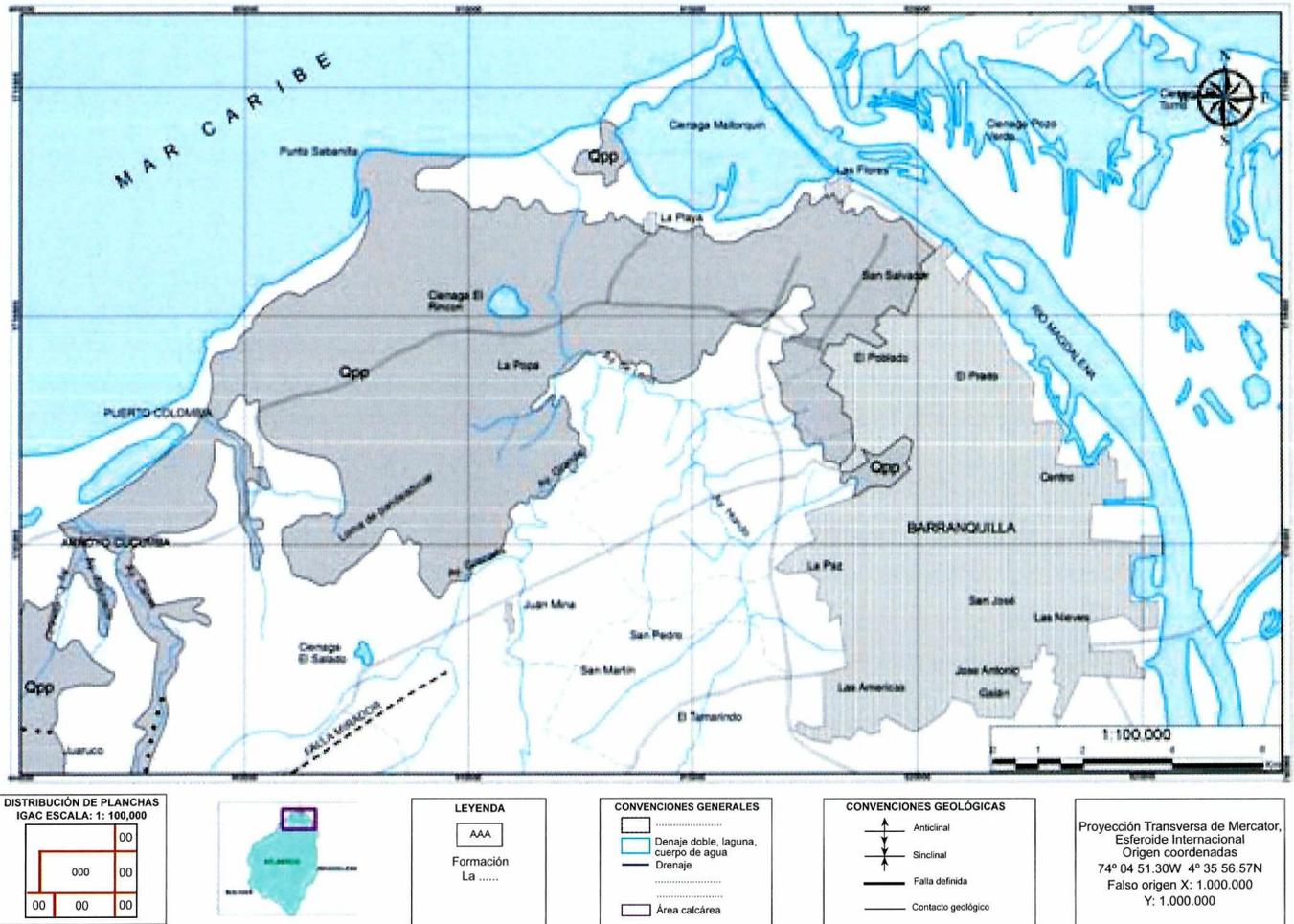


Figura 62. Mapa geológico de la Formación La Popa cerca de Barranquilla.

Fuente: Ingeominas.

La Formación La Popa suministra el material que explota la empresa Cemento del Caribe (hoy Planta Caribe, Argos) en inmediaciones de su planta de producción en Barranquilla, en la vía a Puerto Colombia y en las Lomas de Pan de Azúcar (al suroeste de la ciénaga del Rincón). Se trata de caliza de color gris claro, de seis metros de espesor, dispuesta horizontalmente y cuya edad se ha referido al Plioceno. Los análisis químicos de muestras de esta caliza han reportado un alto contenido de CaO (53%) y bajos porcentajes de MgO (1,5%), y de Al_2O_3 (0,42%).

Las reservas medidas por Integral (1984, en Rodríguez, 1987) han sido de 68 millones de toneladas. Estas calizas se emplean para producir cemento, como agregado grueso para concreto, como recebo en ornamentación y en la elaboración de productos agropecuarios. Según informaciones sobre la Formación La Popa, establece que en esta unidad la calidad de las calizas en los afloramientos de Cartagena mejora a medida que se asciende en la sucesión (Bürgl, 1957, pp. 8-10).

Área calcárea 1002 Tubará

En la carretera que de Barranquilla conduce a Piojó, al pasar por Tubará, y un poco alejado al noroeste de esta localidad, en inmediaciones de Juaruco, se explota un yacimiento de calizas que pertenecen a la Formación La Popa. No se conoce referencia en cuanto a espesores, calidades, reservas y sistemas de explotación.

En el mapa 16-17 (Barrera, 1998) se representan, un poco al noreste de Tubará, las unidades Ngf (Formación Tubará) y Nga (Formación Hibácharo), las cuales contienen niveles bioclásticos.

Área calcárea 1003 Arroyo de Piedra

A esta localidad se llega por la carretera que desde Barranquilla se dirige a Usiacurí, luego a Molinero y después a Luruaco. Pocos kilómetros antes de esta última localidad se encuentra Arroyo de Piedra. Al oeste de la población se manifiestan, en un corto anticlinal, dos unidades: la Pgp (Formación Pendales), sin calizas, y encima la Pga (Formación Arroyo de Piedras, pliocénica), con calizas bioesparíticas y lodolitas calcáreas. Varios caminos cruzan la unidad.

La unidad posee características estratigráficas, litológicas y tectónicas iguales a la de la formación observada en la colina de Morisca. Se calcula una reserva inferida de 390 millones de toneladas, con un promedio de 54,98% en CaO y de 43,77% en residuo insoluble (Ordóñez, 1960, pp. 13-15). La caliza está al descubierto casi por completo, lo cual facilita su explotación (figura 63).

Otra descripción de la misma formación se halla en un trabajo posterior, correspondiente a la memoria de la plancha 24 (Reyes & Zapata, 2001, p. 26). Aquí se dice que la formación ocupa un área de 12 km² y está integrada por cuatro segmentos, dos de lodolita calcárea y dos de caliza, y se inicia la sucesión con la lodolita calcárea. El espesor no se midió pero se calcula cercano a los 200 metros. Las calizas se explotan de manera rudimentaria y solamente en una cantera se hace en forma mecanizada (Franco & Castiblanco, 1994).

La caliza se usa industrialmente en la fabricación de cemento en Cartagena y Barranquilla, como recebo, como material de construcción y para ornamentación. La producción promedio mensual es de 11.200 toneladas en las cinco canteras activas. Esta área ofrece un total de 458 millones de toneladas.

Área calcárea 1004 Colina de Morisca

A esta área, situada entre la ciénaga del Totumo –al norte– y la carretera de La Cordialidad –al sur–, en el límite entre los departamentos de Bolívar y Atlántico, se llega por la carretera que conduce de Galerazamba a Santa Catalina y que pasa al occidente del depósito. La forma un bloque montañoso aislado, de un kilómetro de longitud por 500 metros de ancho, y con una altura de 60 metros.

Según las investigaciones de Ordóñez, se calcula una reserva de 165.000 toneladas (1960, p. 9). Por la descripción de este autor y la geología de la plancha 23 (Guzmán et al., 1998, mapa), se cree que este depósito está representado por la Formación Arjona (PgNga) en la localidad Rionegro, en el límite meridional del Atlántico. Los autores del mapa no describen caliza en esta formación.

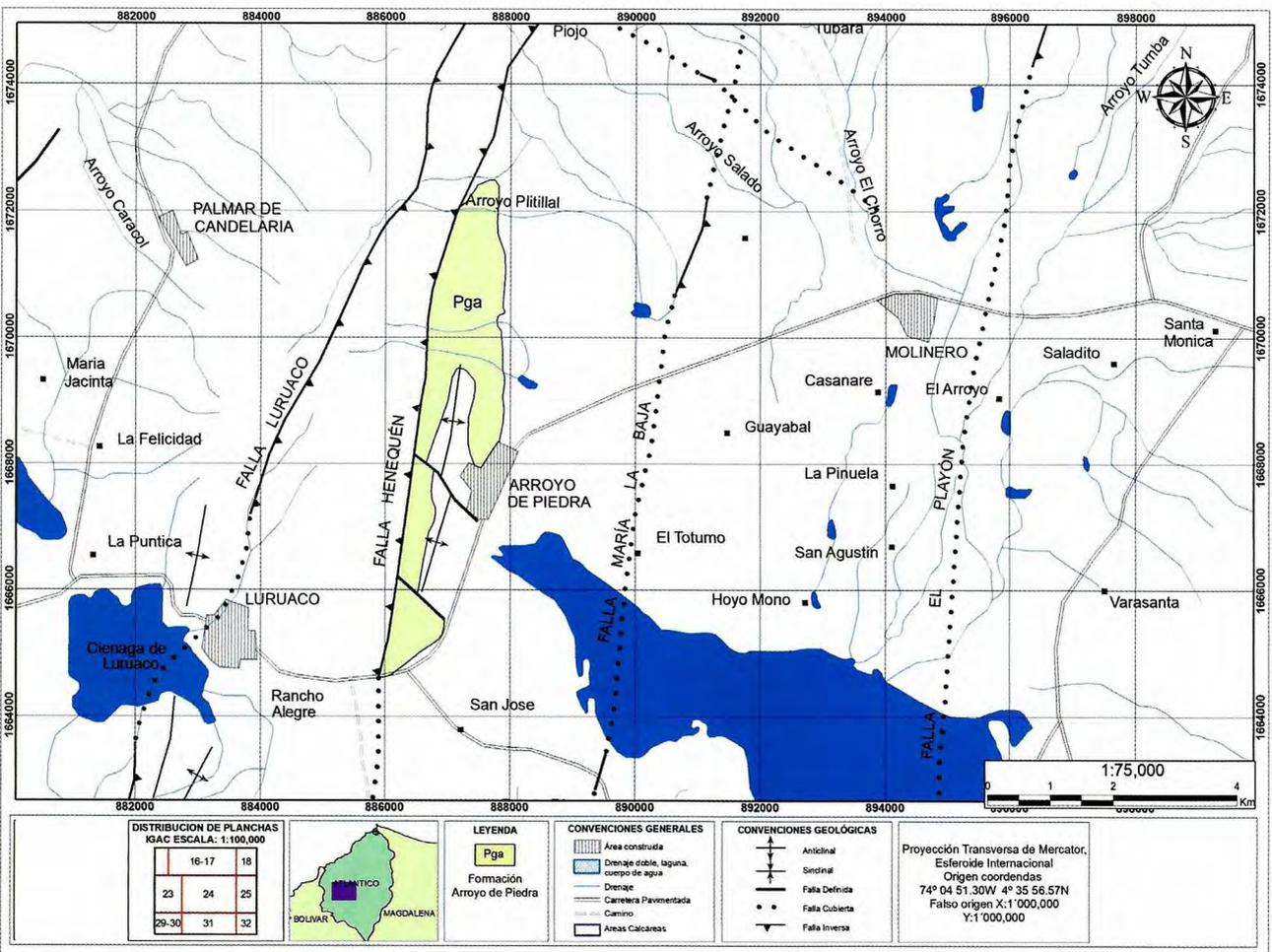


Figura 63. Mapa de localización del área calcárea 1003 Arroyo de Piedras.

Fuente: Ingeominas.

Potencial y perspectivas

Los recursos inferidos y los potenciales, en el área 1001 La Popa (tabla 48), tienen aproximadamente la siguiente composición promedio en porcentaje por peso: CaO (53%), bajos porcentajes de MgO (1,5%) y de Al_2O_3 (0,42%). Las reservas medidas refieren 68 millones de toneladas. Estas calizas se emplean para producir cemento, como agregado grueso para concreto, como recebo, en ornamentación y en la elaboración de productos agropecuarios. De acuerdo con otros datos sobre el material de la Formación La Popa, en esta unidad la calidad de las calizas en los afloramientos de Cartagena es siempre mejor a medida que se asciende en la sucesión (Bürgl, 1957, pp. 8-10).

Tabla 48. Reservas medidas y calidad promedio en el área calcárea La Popa

Reservas medidas (x 10 ⁶ ton)	CaO (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)
68	53	1,5	0,42

Fuente:

En Arroyo de Piedras (tabla 49) se calcula una reserva inferida de 390 millones de toneladas, con un promedio de 54,98% en CaO y de 43,77% en residuo insoluble (Ordóñez, 1960, pp. 13-15). La caliza se halla al descubierto casi por completo, lo que facilita su explotación; se usa industrialmente en la fabricación de cemento en Cartagena y Barranquilla, como recebo, como material de construcción y para ornamentación. La producción promedio mensual es de 11.200 toneladas en las cinco canteras activas.

Tabla 49. Reservas inferidas y calidad promedio en el área calcárea Arroyo de Piedras

Reservas inferidas (x 10 ⁶ ton)	CaO (%)	Residuo insoluble
390	54,98	43,77

Fuente: Ordóñez, 1960.

El potencial de la zona calcárea 10 Atlántico supera la cifra de 458 millones de toneladas, la mayor parte (390 millones) referidas al área calcárea Arroyo de Piedras.

Zona calcárea 11 Bolívar

La zona calcárea 11 está localizada en el departamento de Bolívar, sobre la costa atlántica, al norte del país (figura 20, zona 11) y en su parte central en los alrededores de Morales y Gamarra.

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Bolívar limita al norte con el mar Caribe y el departamento del Atlántico, al oriente con el río Magdalena –que lo separa de los departamentos de Magdalena, Cesar y Santander–, al sur con los departamentos de Santander y Antioquia, y al occidente con los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre y el mar Caribe; tiene una extensión territorial de 25.978 km².

Las vías de comunicación son terrestres, fluviales, marítimas y aéreas. La principal vía terrestre es la troncal de Occidente (Medellín-Cartagena), pavimentada y en perfecto estado; otras vías importantes son las denominadas La Cordialidad y del Mar, que comunican a Cartagena con Barranquilla. Hay carreteras y carreteables destapados que conectan los municipios con los caseríos y corregimientos; su estado depende de las épocas de lluvias.

Aspectos físicos

El paisaje del departamento lo conforman tres grandes conjuntos geomórficos: las tierras bajas o de planicie, las sabanas del Caribe y las serranías.

Las tierras bajas o de planicie comprenden la planicie marina, de clima cálido y árido, que ocupa el sector aledaño al mar Caribe, y la Depresión Momposina en el centro, de clima semiárido a semihúmedo.

Las sabanas del Caribe abarcan un conjunto de áreas de relieve ligeramente inclinado a ondulado, ubicadas entre la planicie marina y la Depresión Momposina; el clima es cálido semiárido y en la vegetación predominan los pastos.

Las serranías comprenden los Montes de María, la serranía de San Jacinto y la serranía de San Lucas. Poseen un clima cálido semiárido y una cubierta vegetal de pastos, matorrales, arbustos y relictos de bosque. La serranía de San Lucas, al sur, constituye una de las últimas estribaciones de la cordillera Central.

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Bolívar tiene una población de 1.878.993 habitantes, distribuidos en 45 municipios. La capital es Cartagena de Indias. Los prin-

cipales ríos son Magdalena, Cauca, Brazo de Loba y el canal del Dique. En cuanto al clima, se encuentra en el piso térmico cálido (89,1%), y el resto de territorio se localiza en el piso térmico templado (10,15%).

Respecto a la cobertura en servicios públicos, el 71% de la población dispone de acueducto, el 44,4% cuenta con alcantarillado, el 91,8% tiene servicio de energía eléctrica, el 29,5% de telefonía fija y el 55,5% disfruta del servicio de gas natural.

En Cartagena los sitios históricos son numerosos, tales como la Puerta del Reloj, el Palacio de la Inquisición, el Museo Colonial, el convento de La Popa y el Museo del Oro. La ciudad de Mompox es patrimonio histórico y cultural de la humanidad.

Áreas calcáreas

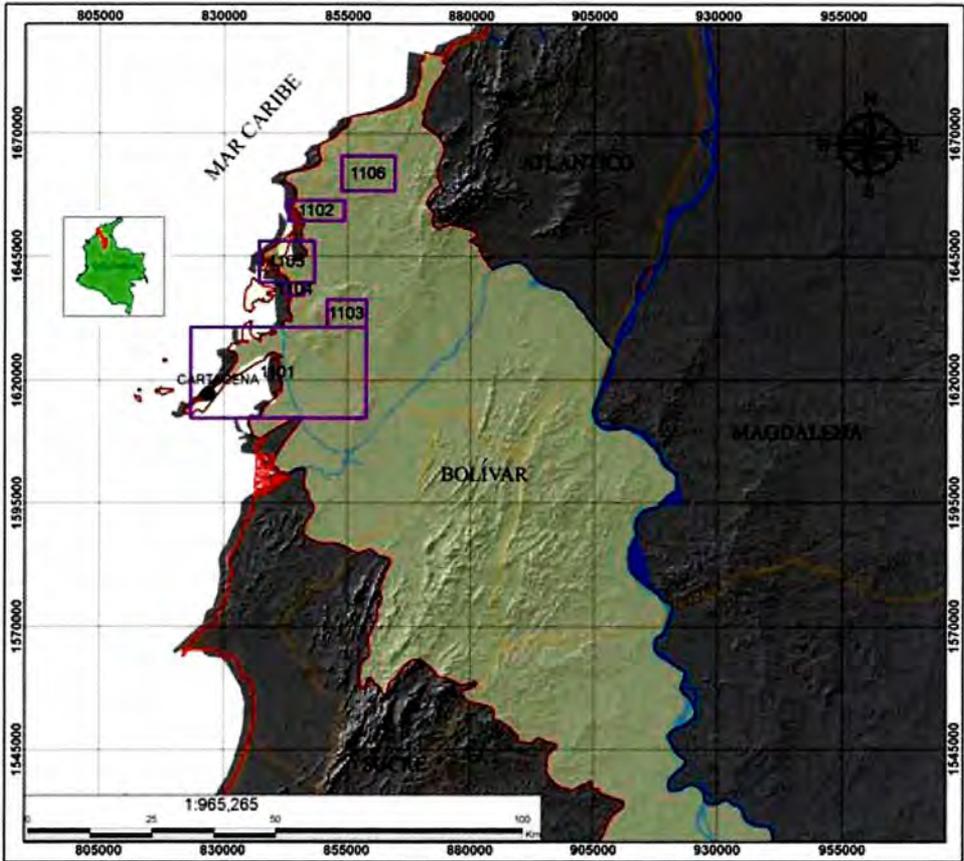
La zona calcárea 11 está localizada, en cuanto a ocurrencia de unidades calcáreas con sus depósitos, en la llanura ondulada que se extiende al suroeste de Cartagena (figura 64), y luego de Tamalameque, hacia el sur, en dirección de Cimitarra. Los depósitos de caliza evaluados pertenecen a unidades litoestratigráficas referidas a edades terciarias altas y cuaternarias. Las investigaciones llevadas a cabo en la parte septentrional de Bolívar estuvieron motivadas por la necesidad de hallar materia prima calcárea para el fin industrial de la manufactura cementera, en la planta que se proyectaba instalar cerca de Cartagena.

La forma del departamento es estrecha y alargada; en ella se puede distinguir una mitad septentrional, dirigida en sentido noroeste-sureste y con geología costeña, desde Cartagena hasta Tamalameque, y otra mitad meridional dirigida en sentido norte-sur, con geología propia del Valle Medio del Magdalena, entre Tamalameque y Cimitarra. La enorme distancia entre Cartagena y Cimitarra tiene un fuerte reflejo en la geología que ocurre en el departamento y en la posición estratigráfica de los conjuntos calcáreos.

En la mitad septentrional, Bürgl (1957, pp. 8-10) afirma que las calizas superiores de La Popa (Qpp), del Plioceno superior, representan el yacimiento de caliza más grueso y más extenso en los alrededores de Cartagena y, además, una reserva prácticamente inagotable de materia prima para la fabricación de cemento.

En la mitad meridional, en las estribaciones de la serranía de San Lucas que miran hacia el Valle del Magdalena, al sur y norte de Morales, hay afloramientos de la parte basal del Cretácico con las formaciones Tambor,

Rosablanca, Simití Tablazo, pero no se conocen la importancia de los afloramientos calcáreos ni sus eventuales explotaciones.



CONVENCIONES — Vías — Ríos □ Áreas calcáreas
 Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 64. Mapa de localización de la zona calcárea 11 Bolívar y distribución de las áreas calcáreas.

La zona se subdivide en siete áreas calcáreas, denominadas así:

- Área calcárea 1101 Ballesta
- Área calcárea 1102 Canaleta
- Área calcárea 1103 Turbaco
- Área calcárea 1104 Alborno
- Área calcárea 1105 Cartagena
- Área calcárea 1106 Cerro Púa

- Área calcárea 1107 Serranía de San Lucas

Área calcárea 1101 Ballesta

En el área calcárea 1101, la Formación La Popa, aflora al oeste del área de trabajo, en las poblaciones de Ballesta, Turbaná, Turbaco, en las islas Barú y Tierra Bomba, al sur de la localidad de Albornoz y Cartagena (Guzmán et al., 2001, pp. 43-47) (figura 65).

Las calizas son micríticas y se presentan como lomas alineadas que forman cerros alargados al norte del canal del Dique y al sur de la población de Ballesta, en las canteras Casaloma y Puerto Badel (Guzmán et al., 2001, p. 58).

Bürgl (1957) redefine la unidad como Formación La Popa, en el cerro del mismo nombre, constituida por arcillas micáceas, arenosas, areniscas y calizas coralinas, con un espesor de 150 metros. Camacho et al. (1968) subdividen la unidad en dos miembros: el inferior, compuesto por arcillas plásticas, margosas y areniscas de cuarzo, y el superior, compuesto de calizas margosas coralinas, algáceas y con moluscos.

En el presente trabajo se reconocen los dos miembros y se prefiere utilizar el término La Popa, para el miembro calcáreo, y Arroyo Grande, para el miembro detrítico, y se refiere al Pleistoceno superior.

Área calcárea 1102 Canalete

El área calcárea 1102 corresponde a la cuchilla de Canalete-Loma de Piedra, y al parecer son los afloramientos de caliza más septentrionales del departamento de Bolívar, pertenecientes a la Formación La Popa. Se encuentran entre Cartagena y Bayunca, al oeste de la carretera de La Cordialidad. Son dos lomas, la primera de las cuales tiene una longitud de 8900 metros, amplitud de 500 metros y espesor de caliza de 27 metros; la segunda aflora al norte de la anterior, tiene una longitud de 3500 metros y amplitud de 1000 metros. Se calculan reservas inferidas de 172 millones de toneladas, de buena calidad (Ordóñez, 1960, pp. 16-18), con un promedio de contenido en CaCO_3 correspondiente a 95,82%.

Área calcárea 1103 Turbaco

Esta área se localiza en los alrededores de Turbaco, donde aflora en numerosas canteras. Está conformada por calizas arrecifales compactas, cristalinas y arenosas de color amarillo claro, coralinas, con conchas de moluscos, masivas a ligeramente estratificadas.

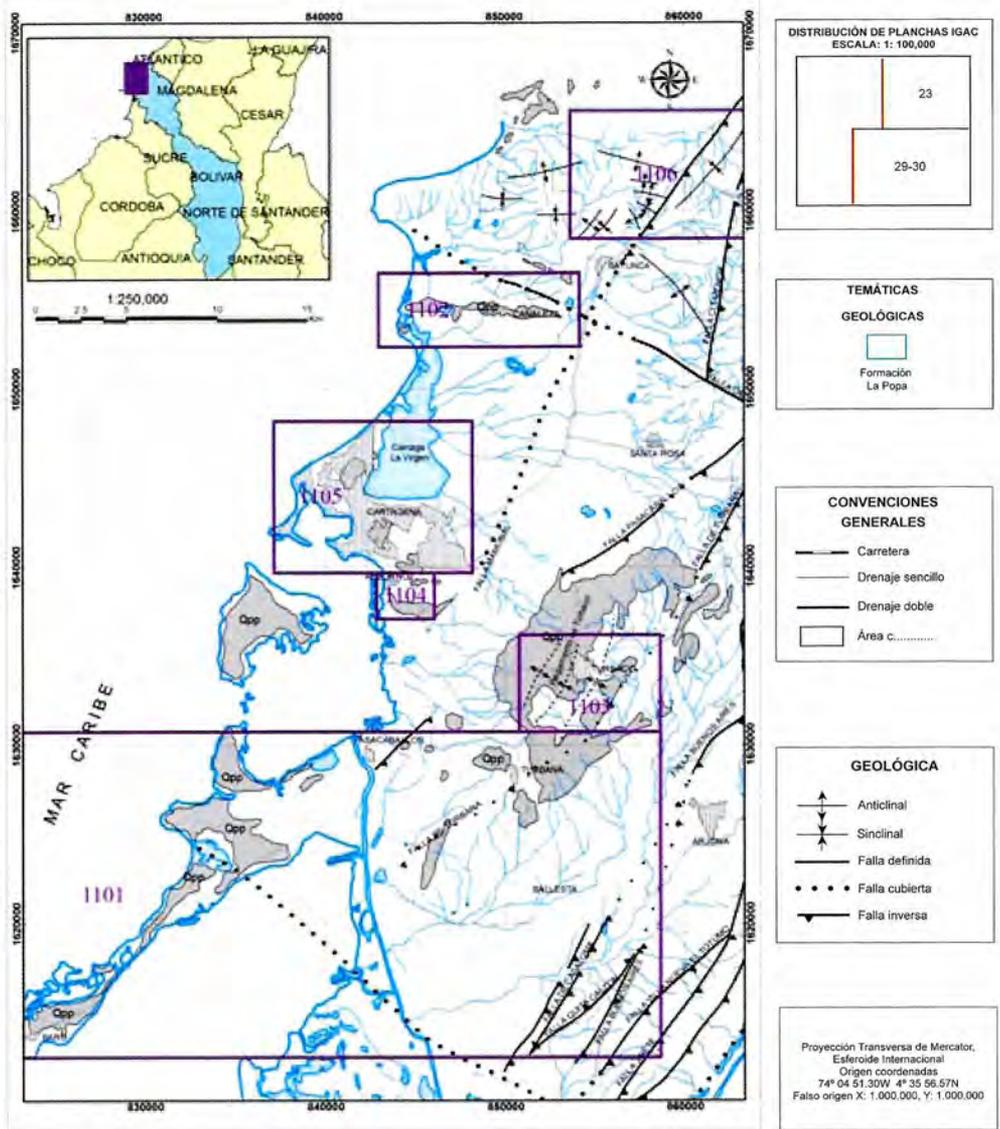


Figura 65. Afloramientos Formación La Popa.

Fuente: Ingeominas.

La Formación La Popa presenta un espesor cercano a 100 metros, en el sector de Turbaco. Las capas son gruesas y dispuestas subhorizontalmente. Su calidad es indicada por unos análisis que dan resultados en contenido de CaO

entre 54,02 y 54,40; contenido de MgO entre 1,07 y 0,75; contenido en SiO_2 entre 1,82 y 1,95; contenido en Al_2O_3 entre 1,40 y 1,52; contenido en Fe_2O_3 entre 0,50 y 0,56 (Bürgl, 1957, tabla 1).

La explotación se hace a cielo abierto, mediante cortes de arriba hacia abajo en bloques o disgregando; generalmente, su extracción es mecanizada (Franco & Castiblanco, 1993). Se ha calculado una reserva inferida de 1450 millones de toneladas.

Se utiliza como recebo en la fabricación de cemento y para enchapes en la construcción. El deterioro ambiental por la extracción de este material es alto, aparte del hecho de que la mayoría de las canteras no cuenta con un plan de desarrollo minero ambiental.

Área calcárea 1104 Albornoz

El área calcárea 1104 corresponde a la cantera Albornoz, donde la empresa Colclinker realizó una perforación de 131 metros dentro de la Formación La Popa (figura 66), con las siguientes características: en la parte inferior, se presentan 15 metros de calizas arrecifales, terrosas o cristalinas, compactas; sobre ésta aparecen 18,5 metros de arcillas plásticas grises y pardas, alteradas; a continuación, hay 15 metros de arenas; encima, 22,5 metros de lodolitas calcáreas, grises oscuras. Sobre éstas, se presentan 30 metros de calizas arrecifales amarillo claro a crema, cristalinas y terrosas, compactas o cavernosas. El techo de esta secuencia está constituido por 30 metros de arcillas grises, pardas a negras, con intercalaciones de arenas de grano fino, cuarzosas y líticas, gris oscuras.

Área calcárea 1105 Cartagena

Área correspondiente al casco urbano de Cartagena. En esta sección afloran las formaciones Bayunca (170 metros) y La Popa (125 metros) (figura 67). En esta sección, el estratotipo de techo de la Formación Bayunca es un nivel de arenisca conglomerática, en contacto discordante con un nivel de caliza arrecifal. Los primeros 35 metros de la Formación La Popa (conjunto C) consisten en calizas arrecifales. Suprayace al nivel anterior, un conjunto de 50 metros (conjunto B) de limolitas calcáreas, grises. El conjunto superior, con un espesor de 40 metros (conjunto A), está compuesto por calizas arrecifales; en los primeros 25 metros se presentan delgadas interestratificaciones de arcillas grises, y hacia el techo, limolitas calcáreas y calizas bioclásticas.

Área calcárea 1106 Cerro Púa

La base de esta área corresponde a la Formación Bayunca; en Punta de Piedra, sobre el nivel anterior, hay un segmento de 16 metros de calizas, donde se observan fragmentos de corales y espículas de equínidos. A esta capa basal le sigue una alternancia de esparruditas con bioclastos de corales y gasterópodos, y a continuación bioesparruditas clásticas. Al anterior segmento lo suprayacen 13 metros de una alternancia de capas, muy resistentes, de bioesparenitas de corales ramificados, que completa la Formación La Popa (figura 68). Ordóñez (1960b) calcula en la sucesión de caliza de Punta de Piedra, hacia la hacienda Púa, 420 millones de toneladas de recursos.

Área calcárea 1107 Serranía de San Lucas

Gruesas secuencias triásicas y jurásicas están cubiertas por la secuencia de las formaciones Tambor (Kita) de pocos metros de espesor, y hasta faltante, del Hauteriviano, Rosablanca (Kir) de 37 metros y del Hauteriviano a Barremiano, Paja (Kip) de 89 metros y del Barremiano inferior a Aptiano superior, Tablazo (Kit) de 87 metros y del Aptiano superior a Albiano inferior, y de la Simití de espesor superior a los 186 metros y del Albiano inferior a superior. Estos datos derivan del pozo Culimba 1, localizado cerca de los afloramientos meridionales de la serranía y al norte de la paleofalla Cimitarra. En dirección hacia el septentrión, la Formación Tambor sólo se presenta por tramos, la Formación Rosablanca es la basal y la Formación Tablazo tiende a desaparecer al noroeste de Gamarra.

Potencial y perspectivas

En conclusión, de las seis áreas correspondientes a la zona calcárea 11, se puede contar con una reserva inferida de 2042 millones de toneladas de caliza. La composición promedio en porcentaje por peso es la siguiente: CaO (54,40%), bajos porcentajes de MgO (0,75%), de SiO₂ (1,95%), de Al₂O₃ (1,40%) y de Fe₂O₃ (0,56%). Los recursos potenciales corresponden a los mismos 2042 millones de toneladas.

Estas calizas se utilizan para producir cemento, como agregado grueso para concreto, como recebo, en ornamentación y en la elaboración de productos agropecuarios.

Zona calcárea 12 Sucre

La zona calcárea 12 corresponde al departamento de Sucre, el cual se encuentra localizado al noroccidente de Colombia y forma parte de la llanura del Caribe (figura 20, zona 12).

Una carretera troncal atraviesa el territorio departamental. Pasa por Sincelejo, Palmitos y Ovejas, con ramales hacia Tolviejo, Tolú y San Onofre. Otros carreteables comunican entre sí a la mayor parte de las poblaciones (Ingeominas, 2000, pp. 6, 7 y 10).

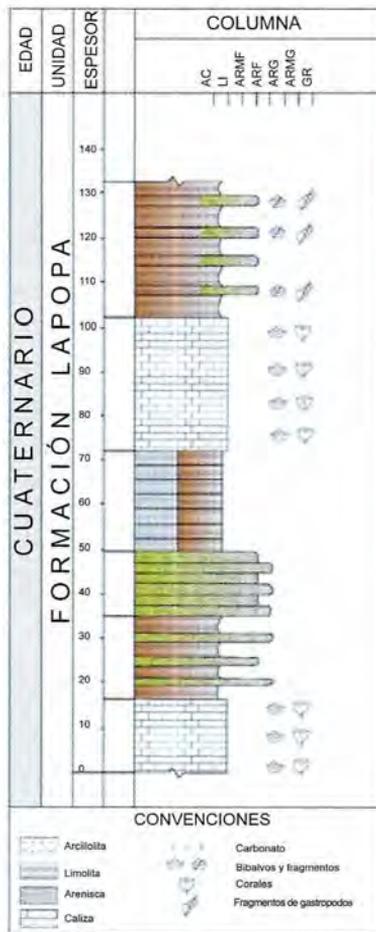


Figura 66. Columna estratigráfica de la Formación La Popa en Albornoz

Fuente: Reyes, 2001, p. 44.

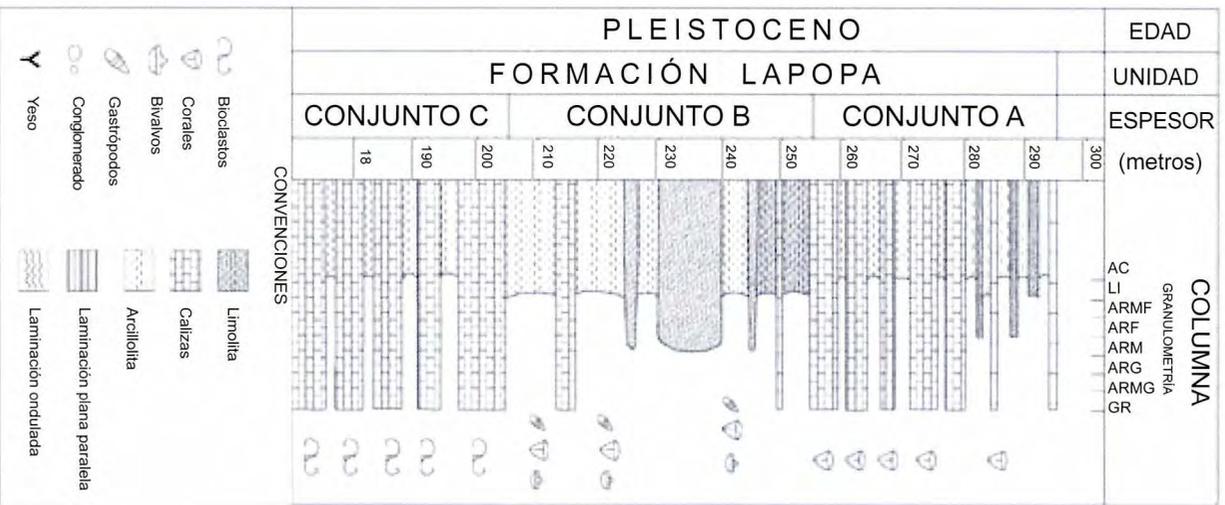


Figura 67. Columna generalizada Formación La Popa casco urbano de Cartagena.

Fuente: (Reyes, 2001, p. figura 15).

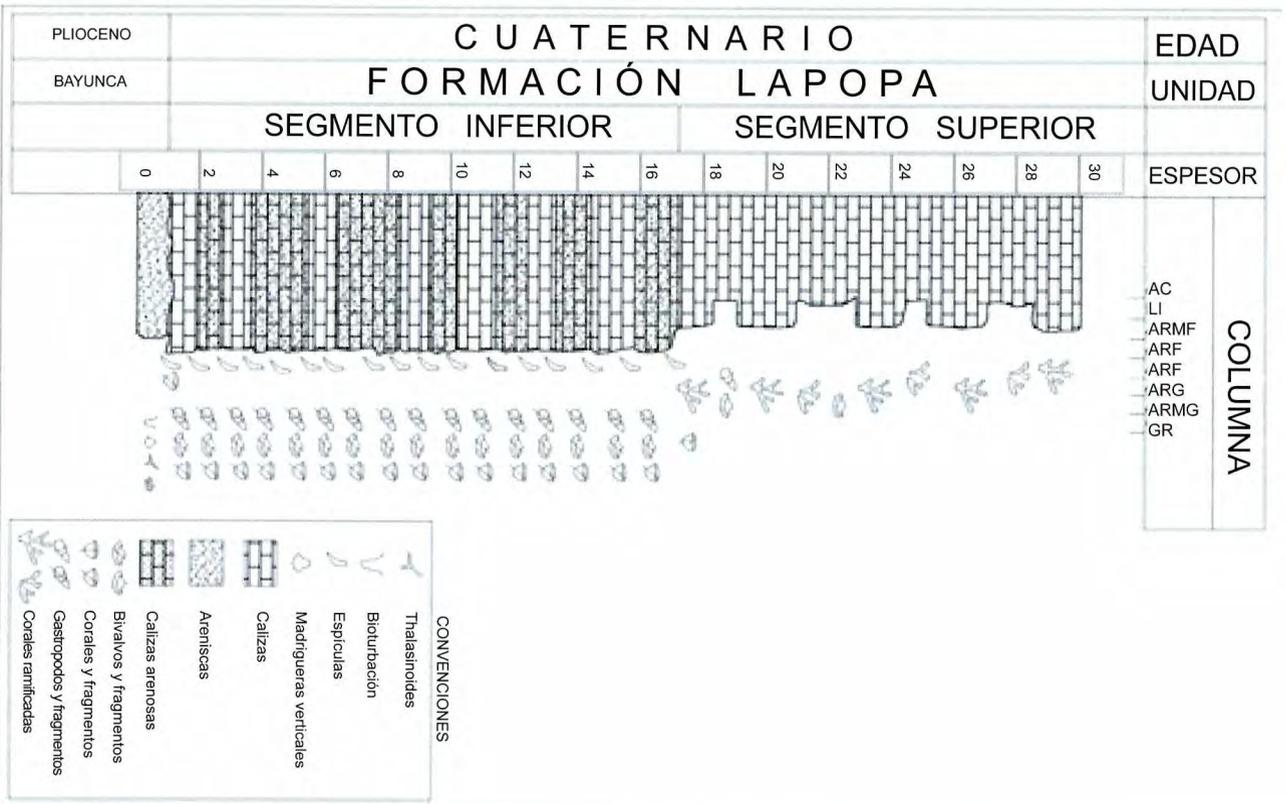


Figura 68. Columna estratigráfica de la Formación La Popa en Cerro Púa

Fuente: (Ordóñez, 1960b).

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Sucre se localiza al noroccidente del país; limita por el norte y el oriente con el departamento de Bolívar, por el sur y por el occidente con el departamento de Córdoba y por el noreste con el mar Caribe (figura 69); tiene una superficie territorial de 10.917 km².

Una carretera troncal atraviesa el territorio departamental que pasa por Sincelejo, Palmitos, Ovejas con ramales hacia Toluviejo, Tolú y San Onofre. Otros carreteables comunican entre sí la mayor parte de las poblaciones (Ingeominas, 2000, pp. 6-7,10).

Aspectos físicos

El paisaje del departamento lo conforman dos grandes conjuntos geomórficos: la sabana caribeña y la depresión del Bajo San Jorge y Bajo Cauca.

La sabana caribeña incluye la planicie marina situada al noroccidente, aledaña al mar Caribe, y la serranía de San Jacinto o Montes de María, al sureste; comprende también el centro del departamento, la sabana de Sucre.

La depresión del Bajo San Jorge-Bajo Cauca se localiza al sureste; es de clima cálido y semihúmedo, plana, baja, inundable y dominada por numerosas ciénagas a lo largo del río San Jorge. El clima es cálido, semiárido al norte y centro, y cálido semihúmedo, al sur; los periodos de lluvia son cortos, no muy marcados, y ocurren en los meses de mayo y junio y entre agosto y octubre; el periodo seco es claramente definido y se presenta entre diciembre y marzo; en los demás meses, se mantienen ciertas condiciones de humedad. Los ríos principales son el Cauca y San Jorge, y entre las ciénagas están las de Malambo, La Hormiga, Punta de Blanco y San Benito.

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Sucre cuenta con 772.010 habitantes, distribuidos en 26 municipios, y su capital es Sincelejo.

En aspectos de cobertura de la población en servicios públicos, se conoce que el 73,6% de la población goza del servicio de acueducto, el 48,6% de alcantarillado, el 91,6% de energía eléctrica, el 26,6% de telefonía fija y el 43,4% de gas natural.

En Sincelejo, los principales atractivos turísticos y culturales son la Catedral de San Francisco de Asís y la Basílica Menor del Señor de los Milagros.

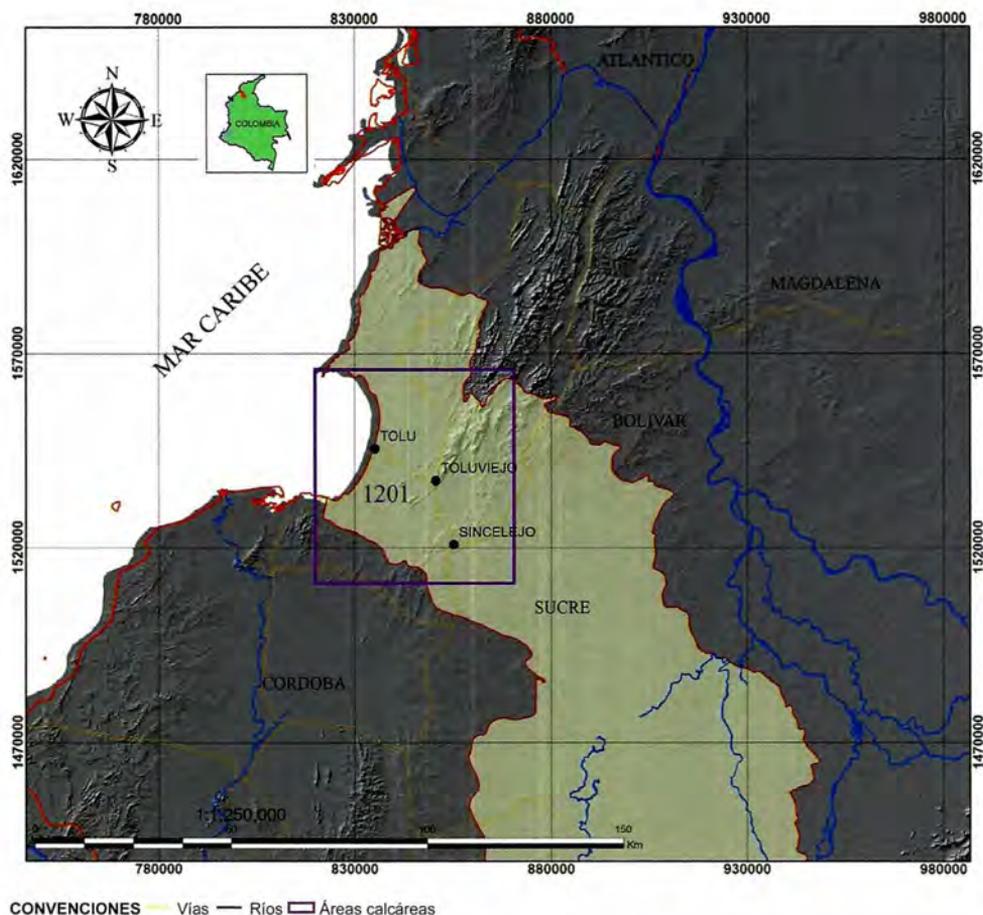


Figura 69. Mapa de localización de la zona calcárea 12 Sucre.

Fuente: (Ordóñez, 1960b).

Áreas calcáreas

La zona calcárea 12 está localizada, en cuanto a ocurrencia de unidades calcáreas con sus depósitos, en la llanura ondulada que se extiende desde el suroeste hasta el noreste de Tolviejo (figura 69), entre Palmito y Chalán, de 16 kilómetros de longitud y de amplitud variable. Luego, de manera un poco más aislada, se halla también presente en la cuchilla de Piedra Alta, al noroeste de Morroa. Las secciones más completas y representativas se encuentran en el Arroyo Chalán y en los alrededores de Tolviejo (Varsovia, Cerro Mena y canteras de la fábrica de cemento Tolcemento). A nivel regional, la formación To-

lujviejó está compuesta, principalmente, por una sucesión de calizas con conglomerado de cuarzo hacia la base, e intercalaciones de arenitas hacia las partes media y alta. Su espesor es variable: se reportan valores entre los 200 y los 350 metros. Su edad es Eoceno medio (Ingeominas, 2000, pp. 25-26).

En Sucre afloran, esencialmente, rocas sedimentarias poco consolidadas. Se trata de unidades de origen marino del Cretácico superior y del Paleógeno. Este estudio se limita al análisis de las unidades que contienen caliza, como las formaciones San Cayetano, Maco, Chengue y Tolviejó, constituidas por arenitas de cuarzo, lodolitas, arcillolitas y conglomerados, con intercalaciones de calizas; sin embargo, sólo la Formación Tolviejó contiene caliza que se puede aprovechar por su espesor y calidad.

El Terciario inferior, que consta de conglomerados de rocas ígneas, arenitas, lutitas y calizas, forma en los alrededores de Tolviejó un anticlinal con algunas complicaciones estructurales. Las calizas presentan potencias que oscilan entre 10 y 60 metros y contienen valores superiores al 50% en CaO. Dentro de las calizas existen cambios laterales de facies (De Porta, 1962, p. 1).

Las investigaciones sobre caliza, realizadas en la parte septentrional de Sucre, se originaron en la necesidad de hallar materia prima calcárea, para la manufactura cementera, en la planta de Tolcemento (hoy Argos).

Área calcárea 1201 Tolviejó

El área calcárea 1201 abarca toda la parte principal de los afloramientos de la Formación Tolviejó, en Sucre. La región de Tolviejó está caracterizada por un sistema de montañas paralelas, dirigidas en su mayoría de suroeste a noreste. Esta serranía corresponde estructuralmente a un amplio anticlinal, cuya bóveda se ha erosionado por completo y pone al descubierto los materiales más antiguos que constituyen el núcleo del anticlinal. Los flancos de esta estructura están formados por caliza; hacia el suroeste, continúa la estructura hasta Varsovia y Palmitos. El eje del anticlinal sufre una serie de cabeceos más o menos pronunciados. Al oeste de Chalán se ha observado otro anticlinal, cuyos flancos también están conformados por capas de caliza (De Porta, 1962, pp. 2-4).

En Tolviejó, estas calizas forman una masa fuertemente diaclasada y sin indicios de estratificación, en tanto que el bosque denso impide obtener una serie detallada. La potencia de estas calizas es un factor bastante variable, y aunque Beck (en De Porta, 1962, p. 10) le atribuye alrededor de 60 metros,

los cambios de potencia son frecuentes; a veces la caliza queda reducida a 20 metros y posiblemente menos aún.

Al oeste de Chalán, en los alrededores del arroyo homónimo, la formación se expone bien y muestra en la parte superior una sucesión de capas calcáreas de 40 metros de espesor. Aquí, la caliza se presenta en bancos potentes entre dos y tres metros. Al oeste y noroeste de la población, la unidad se extiende y forma una serie de sinclinales y anticlinales fallados, con espesores que oscilan entre 10 y 15 metros (figura 70).

Se recogieron cinco muestras: la primera, entre Toluviejo y Arroyo Seco (tabla 50), de caliza detrítica con oolitos, algas y foraminíferos; la segunda, en Cerro Villanueva, de biocalcarenita; la tercera, en Arroyo Chalán, de caliza con algas y foraminíferos; la cuarta, cerca de Miramar, de caliza criptocristalina con foraminíferos, y la quinta, en el caserío La Piche, de caliza blanca compacta.

Como se deduce de las cifras indicadas, la proporción de CaO es buena, ya que todas las muestras se ubican por encima del 50%; el promedio de CaO es del 52,06%, con 1,05 de contenido de MgO y 0,65 de contenido de P_2O_5 .

Las calizas se extienden más al sur y al norte de la región estudiada. Sólo en esta área alcanza aproximadamente 15 km², con un promedio de 15 a 20 metros de potencia, cantidad suficiente para ser explotada. Por otra parte, al noroeste de Coloso y Chalán existen importantes afloramientos, con porcentaje superior al 50% en CaO.

La explotación de estas calizas puede realizarse siempre a cielo abierto, con la ventaja adicional de contar con buenas vías de comunicación.

Las actividades mineras relativamente escasas se concentran en los municipios de Toluviejo, Palmitos, Sincelejo y Ovejas, e incluyen tanto la minería formal como la informal. La minería formal está representada por la extracción, beneficio y transformación de materias primas para la producción de cemento, por parte de la empresa Cales y Cemento de Tolú (Tolcemento, hoy Argos), cuya producción es de unas 700.000 toneladas anuales de cemento. Con esto satisface las necesidades de Sucre y abastece parte de los departamentos de Córdoba, Sucre y Antioquia; lo que sobra lo exporta – además de clínker y cemento – a algunos países del centro y norte de América (Ingeominas, 2000, p. 31).

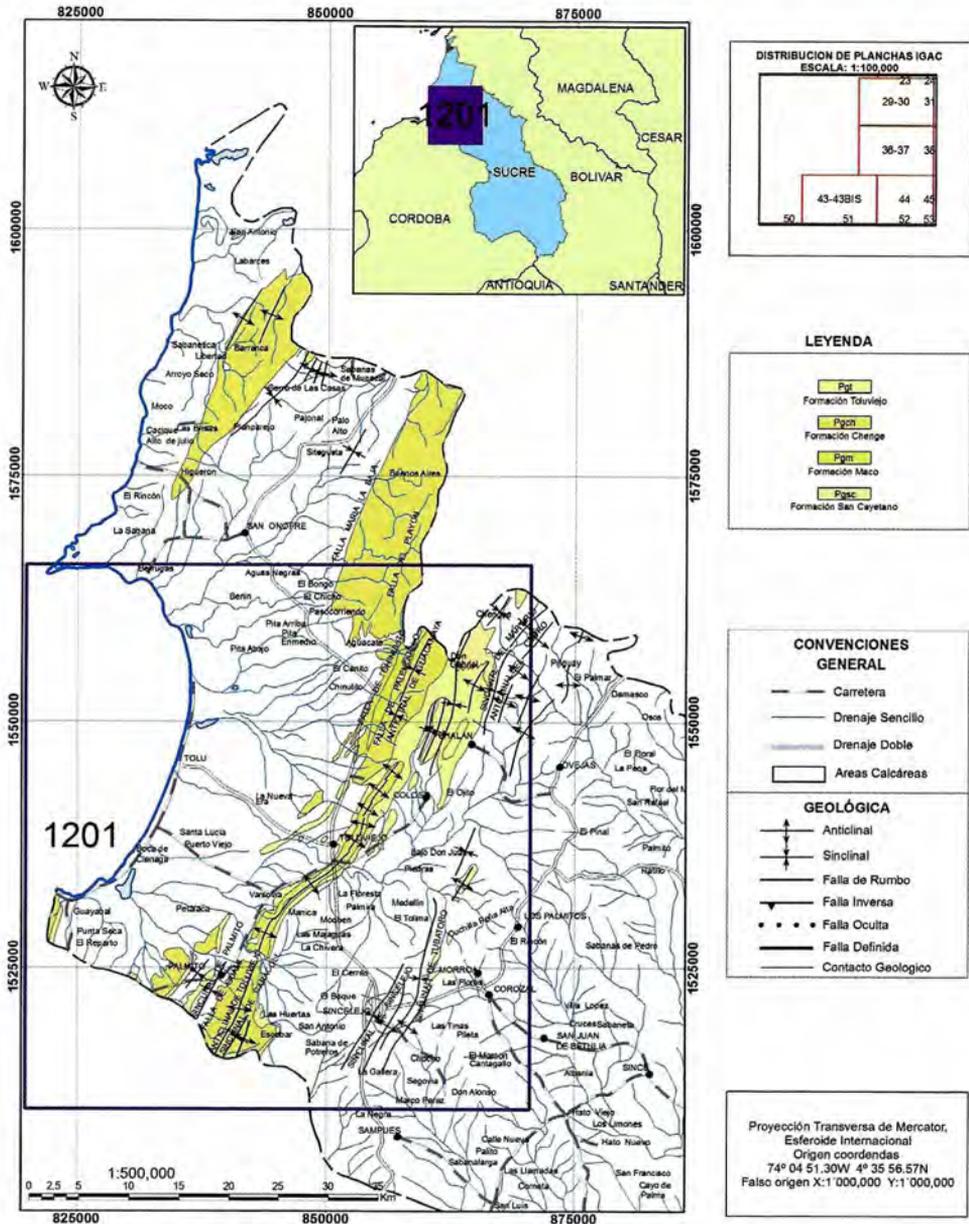


Figura 70. Mapa geológico del área calichea 1201 Toluvejo.

Fuente: Ingeominas.

En la mayoría de las explotaciones de la región se utiliza el sistema de cielo abierto, donde predominan los frentes únicos, con diseños antitécnicos por las elevadas alturas de los taludes y la fuerte inclinación de éstos, que en ocasiones se vuelven negativas, generando riesgos en la explotación. Otro método empleado son los bancos, con grandes variaciones en su diseño, los cuales propician daños que en ocasiones se vuelve irreparables.

Tabla 50. Análisis de las calizas de Toluviejo, Chalán y Miramar

Muestra	Residuo insoluble	CaO	MgO	P ₂ O ₅
1	4,89	51,60	0,43	0,70
2	1,05	53,75	0,79	0,63
3	6,25	50,15	2,42	0,51
4	4,80	51,00	0,72	1,08
5	0,50	53,80	0,90	0,31

Fuente: De Porta, 1962.

En contraposición, la explotación de caliza para la producción de cemento realizada por Tolcemento (Argos) cuenta con la infraestructura empresarial y organizacional en todos sus procesos: exploración, explotación, preparación, transformación y comercialización. El método de explotación es a cielo abierto, en bancos técnicamente diseñados y con varios frentes de producción. Personal profesional labora en cada uno de los procesos productivos (Ingeominas, 2000, p. 34). El 65% de las explotaciones se dedica únicamente a la extracción de la roca y el restante 35% realiza algún sistema de beneficio, principalmente reducción de tamaño y molienda.

La mayor parte de las calizas se emplean en la fabricación de cemento, y en menor proporción se trituran para que sirvan como agregado grueso en concreto.

No se dispone de información sobre recursos potenciales u otro tipo de categorías.

Potencial y perspectivas

La extensión del yacimiento, la calidad de la materia prima, la gran producción de cemento y su amplio mercado aseguran buenas reservas para el futuro de la empresa productora (Argos), pero no hay cifras que permitan conocer el potencial de la zona calcárea 12 Sucre.

Zona calcárea 13 Córdoba

Esta zona calcárea se localiza dentro del departamento de Córdoba, en la llanura del Caribe, al norte del país (figura 20, zona 13).

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Córdoba está situado al norte del país, en la llanura del Caribe, con una extensión territorial de 25.020 km² (Igac, 1992); limita por el norte con el mar Caribe, por el oriente con los departamentos de Sucre y Antioquia y por el sur y occidente con el departamento de Antioquia (figura 71). Se extiende desde la región del Caribe en el extremo norte hasta la faja septentrional de las cordilleras Central y Occidental, y limita en su extremo suroccidental con la región de Urabá. Esta ubicación incide tanto en la diversidad física como en las comunicaciones e influencia cultural.

El sistema vial del departamento cuenta con una troncal que permite la comunicación con las ciudades de la costa, así como con Medellín y Bogotá. Las poblaciones pequeñas y más alejadas se comunican por carreteables, muchos de ellos transitables únicamente en los meses de verano. El transporte fluvial se hace en embarcaciones pequeñas, a través de los ríos Sinú y San Jorge, que comunican las cabeceras municipales que se encuentran sobre las riberas de los ríos y las ciénagas que éstos forman.

Aspectos físicos

En relación con los aspectos físicos del departamento de Córdoba, dos grandes conjuntos geomórficos conforman el paisaje: los valles del Sinú y San Jorge y la zona montañosa.

El área de los valles del río Sinú y San Jorge incluye la planicie marina al norte, de clima cálido semiárido, que ocupa el sector aldeaño al mar Caribe; la planicie aluvial, al sur y suroeste de la anterior, de clima cálido semiárido, con cultivos y pastos, y la lacustre, baja, inundable, de clima cálido semihúmedo, dominada por numerosas ciénagas y por pastos.

La zona montañosa, al sur, comprende de oeste a este las serranías de Abibe, San Jerónimo y Ayapel. Se caracteriza por la presencia de pisos térmicos cálido y templado e incluso frío, un régimen de humedad semihúmedo y una cubierta vegetal dominada por pastos y relictos de bosque.

En el área plana, el relieve y el modelado actual de la región son factores fundamentales para comprender la evolución de los fenómenos geológicos que

han ocurrido sobre su superficie y la han configurado. El territorio del departamento está comprendido dentro de la gran llanura del Caribe, y conformado por las cuencas de los ríos Sinú y San Jorge; puede considerarse dividido en dos grandes regiones: una plana (60%), y otra montañosa y de colinas. El área plana, con altura inferior a 100 msnm, forma parte de la llanura del Caribe y alberga los valles aluviales de los ríos Sinú y San Jorge, así como el área costera septentrional. En ella están la mayor parte de los municipios con una actividad económica notable y suelos de alta calidad, dedicados a la ganadería y, en menor proporción, a la agricultura.

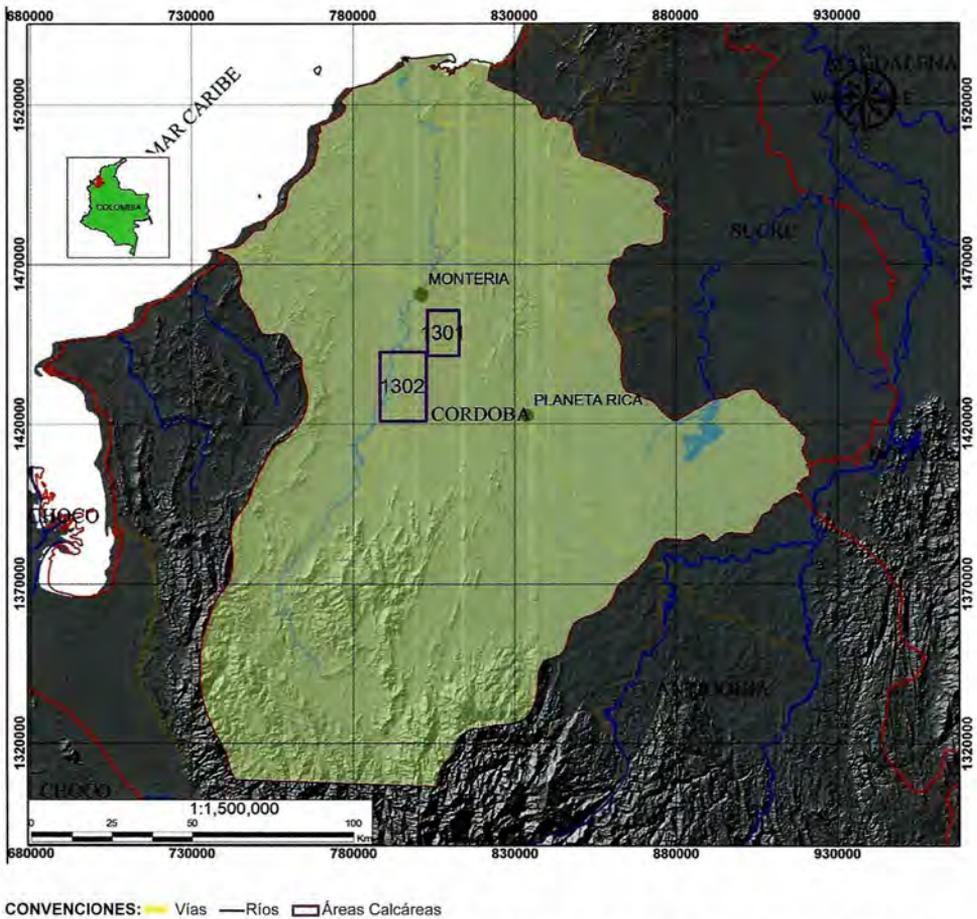


Figura 71. Mapa de localización de la zona calcárea 13 Córdoba y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

El área de montañas y colinas está integrada por las estribaciones septentrionales de la cordillera Occidental. En el nudo de Paramillo (3960 msnm), la cordillera se divide en tres ramales: uno occidental, denominado serranía de Abibe; otro central, llamado serranía de San Jerónimo, y el más oriental, denominado serranía de Ayapel. La serranía de Abibe marca el límite occidental entre los departamentos de Antioquia y Córdoba, donde se encuentran los altos de Granizal (2200 msnm), Quimarí (2000 msnm) y Carepa (1600 msnm), y además constituye la vertiente occidental de la cuenca del río Sinú. Al penetrar al departamento pierde altura rápidamente y, por tanto, su carácter montañoso, para manifestarse como colinas.

La serranía de San Jerónimo conserva inicialmente la dirección nortesur que caracteriza los sistemas orográficos de la cadena andina septentrional y luego toma un rumbo noreste para seguir por territorios de los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, donde conforma la región conocida como Sabanas de Bolívar (Igac, 1992).

La serranía de Ayapel sigue una dirección sur-noreste; sirve de límite oriental entre los departamentos de Antioquia y Córdoba, y separa las cuencas hidrográficas de los ríos San Jorge y Cauca. Su estructura montañosa penetra al departamento hasta cerca de la población de Puerto Libertador, donde desaparece y constituye la vertiente oriental del río San Jorge. En Córdoba afloran esencialmente rocas sedimentarias poco consolidadas, constituidas por unidades de origen marino del Cretácico superior y del Paleógeno. Esta síntesis se va a limitar a las unidades que contienen caliza, como las formaciones San Cayetano, Maco, Chengue y Toluviejo, constituidas por arenitas de cuarzo, lodolitas, arcillolitas y conglomerados con intercalaciones de calizas. Pero únicamente la Formación Toluviejo contiene caliza que puede ser aprovechable por su espesor y calidad (González & Londoño, 2001).

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Córdoba se encuentra en mayor proporción en el piso térmico cálido (95,1%), y sus principales ríos son el Sinú, San Jorge y Uré; el resto del territorio se localiza en los pisos térmicos templado (3,8%) y frío (0,1%).

Respecto a cobertura en servicios públicos, el 53,6% de la población goza del servicio de acueducto, el 22,5% de los habitantes cuenta con servicio de alcantarillado, el 88,8% de la población recibe servicio de energía eléctrica, el 24,45% de telefonía fija y el 28,3% recibe el servicio de gas natural.

El departamento de Córdoba tiene 1.467.929 habitantes, los cuales ocupan 30 municipios distribuidos en 25.020 km².

Áreas calcáreas

La zona calcárea 13, en cuanto a ocurrencia de unidades calcáreas con sus depósitos, “está conformada por unidades de roca que se formaron en ambientes geotectónicos diferentes y en épocas distintas. Por tanto, ello implica problemas en la utilización y aplicación de una nomenclatura uniforme para toda el área”. Pero, por otro lado, las unidades de roca que afloran forman parte de los cinturones terciarios del noroccidente colombiano, de la terminación septentrional de la cadena andina centro-occidental y de la cuenca de Urabá, lo que hace posible separarlos. Estos tres cinturones tienen nomenclatura con alguna diferencia entre sí, explicada por González & Londoño (2001, tabla 2), de tal manera que tales nomenclaturas ayudan a localizar las unidades calcáreas dentro de los cinturones.

Se destaca que la gran mayoría de los hallazgos calcáreos en el área del departamento no se ha evaluado, aunque fuera en un plan de prospección inicial, y solamente se muestran su ocurrencia y la existencia de una sucesión de capas calcáreas dentro de un plan para describir la sucesión estratigráfica. Los datos recogidos exigen al inversionista toda una serie de actividades iniciales, como las descritas en el capítulo tres de este texto, referentes a la fase de identificación y reconocimiento.

Se sigue el orden de exposición de González & Londoño (2001) para las unidades litoestratigráficas que tienen contenido calcáreo, las cuales se representan en el mapa de la figura 72.

La Formación Uva (Pgu), referida al lapso Oligoceno superior-Mioceno, está presente dentro de la zona calcárea en consideración, en el flanco occidental de la cordillera Occidental, en el occidente de la serranía de Abibe y en el golfo de Urabá. Esta unidad aflora al suroccidente del departamento como una franja alargada que se extiende hacia el departamento de Antioquia en la zona de Urabá, y forma colinas suaves y onduladas. Descansa de modo discordante sobre la Formación Salaquí, en la cuenca del Chocó, y su contacto superior es aparentemente normal con la Formación Napipí, en esta misma cuenca. Su espesor en diferentes secciones es variable, desde 600 metros (río Truandó) hasta 2300 metros (río Mumbaradó) en la cuenca del Chocó (González & Londoño, 2001).

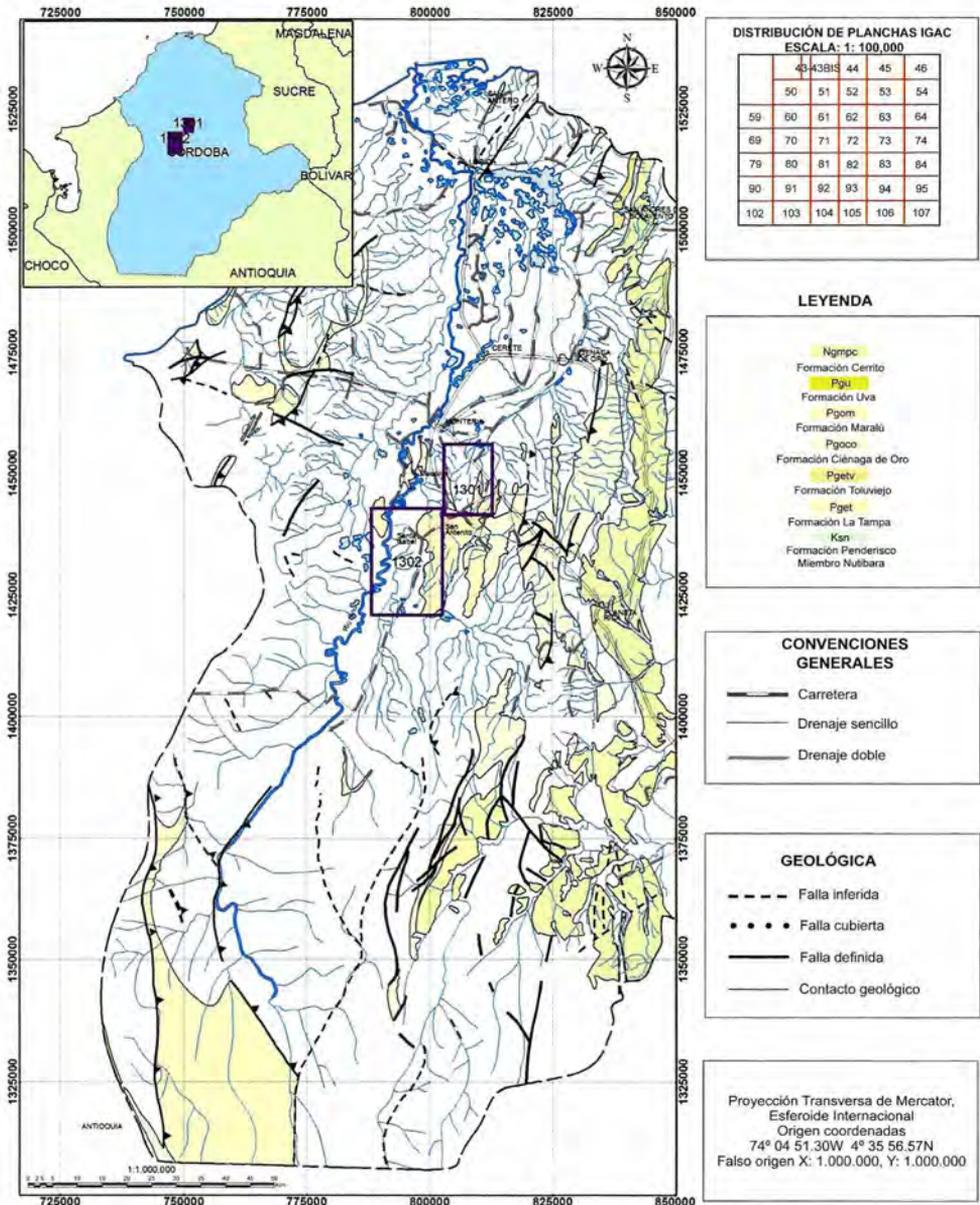


Figura 72. Mapa geológico de la zona calcárea 13 Córdoba.

Fuente: Ingeominas.

La Formación Maralú (Pgom), referida al Oligoceno, ocurre en la parte inferior de la secuencia de rocas pertenecientes al cinturón del Sinú. En el texto (González & Londoño, 2001), se reafirma la presencia en la región de La Resbalosa de margas interstratificadas con capas gruesas de calizas micríticas.

La Formación Tampa (Pget), del Eoceno medio, está dentro de la sucesión referida al Anticlinorio de San Jerónimo, del cinturón de San Jacinto; muestra la ocurrencia de calizas compactas, lodolitas silíceas y arenitas calcáreas (González & Londoño, 2001, figura 15). Aflora bien en la carretera Montería-Planeta Rica y entre Santa Isabel y Las Palomas.

La Formación Ciénaga de Oro (Pgoco), referida al Eoceno superior-Oligoceno, forma parte también del Anticlinorio de San Jerónimo; se cita la ocurrencia de calizas cerca del techo de la unidad (González & Londoño, 2001, figura 15). Aflora en una extensión de 180 km², pero está mejor expuesta entre Montería y Planeta Rica. En el área del Alto San Jorge aflora al norte y al occidente con capas de caliza al techo. La unidad está también bien expuesta en la Laguneta. Los miembros calcáreos de las formaciones Tampa y Ciénaga de Oro se muestran más adelante (figura 73).

La Formación Toluviejo (Pgetv), referida al Eoceno medio a superior, pertenece al Anticlinorio de San Jacinto Sur, dentro del cinturón de San Jacinto. Aflora en Momil, Tuchín y Antero. Muestra calizas arrecifales intercaladas con lodolitas.

La Formación Cerrito, referida al Mioceno superior-Plioceno, del cinturón San Jacinto, aparece entre San Pedro de Uré y el Alto San Jorge. En el área de Planeta Rica (Miraflores y Loma Azul) afloran capas de calizas, que hacia el norte siguen hasta Cereté-La Ye y desaparecen hacia el sur. No es seguro que pertenezcan a la parte media de dicha formación.

Solamente en dos de las localidades donde ocurren calizas y se ha demostrado la presencia de unidades calcáreas se cuenta con descripciones detalladas, espesores y longitudes de las capas de caliza o de los intervalos calcáreos, muestreos conducidos sobre las capas y calidades de los intervalos muestreados; estas localidades se agrupan en las siguientes áreas calcáreas:

- Área calcárea 1301 La Cantera
- Área calcárea 1302 La Floresta

Área calcárea 1301 La Cantera

El área calcárea 1301 corresponde al depósito de La Cantera, ubicado 18 kilómetros al sureste de la ciudad de Montería, sobre la carretera a Planeta Rica, y distante de ésta por cuatro kilómetros de carretable destapado. Tiene una altura promedio de 60 msnm y forma un relieve que sobresale de la superficie.

Edad	Formación	Litológia
Plio - Pleistoceno Superior	Sincelejo	Areniscas, shales, areniscas conglomeráticas poco consolidados, presencia de troncos silificados.
	Cerrito	Areniscas y lodolitas hacia la base suprayacidas por areniscas lumaquélicas, hacia el techo arcillolitas areniscas e intercalaciones de limolitas, calizas y mantos de carbón.
Oligoceno Mioceno a Plioceno Inferior	El Carmen	Lodolias con intercalaciones locales de areniscas y limolitas.
	Cienga de Oro	Conglomerados oligmíticos hacia la base, e intercalaciones de shales carbonosos, areniscas y carbón hacia el techo calizas arrecifales.
Eoceno Medio a Superior	La Tampa	Calizas compactadas, lodolitas silíceas y areniscas calcáreas.
Paleoceno	San Cayetano	Areniscas grauvaquicas intercalas con niveles arcillosos areniscas conglomeráticas y conglomerados, matriz soportada con cantos de chert, areniscas y lutitas.
Cretáceo Superior	Cansona	Rocas volcánicas basálticas hacia la base suprayacida por chert y limolitas silíceas.
	Peridotitas de Planetarica	Peridotitas y dunitas limolitas ligeramente transformadas a serpentinitas, locales intrusiones de rodingita. Presentan delgadas capas de lateritas.

Figura 73. Columna estratigráfica generalizada del Anticlinorio de San Jerónimo.

Fuente: Ingeominas.

Tabla 51. Análisis de la caliza de La Cantera (Montería)

Número de referencia	Pérdidas 105-1000 °C (%)	R. insoluble en HCl (%)	Calcio en CaO (%)	Magnesio en MgO (%)	Fósforo en P ₂ O ₅ (%)	Hierro en Fe ₂ O ₃ (%)	Aluminio en Al ₂ O ₃ (%)	Calcio en CaCO ₃ (%)	Magnesio en MgCO ₃ (%)	Localidad
00009	42,71	1,65	54,00	0,15	0,60	0,71	0,14	96,37	0,31	1
00012	43,20	1,13	54,35	0,07	0,71	0,42	0,07	96,99	0,14	1
00014	43,25	1,01	54,70	0,03	0,57	0,36	0,12	97,62	0,06	1
00016	42,68	1,85	53,95	0,30	0,43	0,21	0,26	96,28	0,62	1
00017	42,16	2,79	53,35	0,35	0,47	0,42	0,31	95,21	0,73	1
00018	43,40	0,68	55,25	0,10	0,17	0,14	0,44	98,60	0,21	2
00022	42,70	1,20	54,38	0,74	0,17	0,14	0,64	97,04	1,55	2
00024	43,60	0,37	55,50	0,17	0,08	-	0,37	99,04	0,35	2
00026	42,73	1,13	54,45	1,16	0,10	0,10	0,45	97,17	2,42	2
00027	42,77	1,20	54,46	1,03	0,12	-	0,48	97,19	2,15	3
00029	42,12	2,02	53,65	1,40	0,02	-	0,83	95,74	2,93	3
00031	42,65	1,30	54,31	0,95	0,16	-	0,59	96,92	1,98	4
00033	42,60	1,26	54,24	0,95	0,16	-	0,69	96,80	1,98	4
00104	42,57	1,73	53,76	0,53	0,05	0,57	0,38	96,00	1,11	4
00106		1,31	54,35	0,48	0,03	0,34	0,26	97,05	1,00	4
00035	42,91	1,17	54,23	1,30	0,16	-	0,59	96,78	2,72	5
00037	42,60	1,37	54,02	0,93	0,12	-	1,01	96,40	1,94	5
00039	42,11	1,66	53,40	1,05	-	1,18	0,21	95,29	2,19	5
00107	41,77	2,62	52,03	0,94	0,05	1,66	0,57	92,91	1,97	5
00109	41,93	2,23	53,48	0,60	0,03	0,80	0,55	95,50	1,25	5
00112	41,74	3,48	51,92	1,04	0,03	0,84	0,58	92,71	2,17	5
00040	42,60	0,62	54,90	0,63	-	0,78	0,11	97,97	1,31	6
00042	41,38	1,36	54,45	0,70	-	1,14		97,17	1,46	6
00045	42,19	1,50	54,25	0,47	-	0,78	0,32	96,81	0,98	6

Fuente: Zambrano et al., 1965.

Para subsanar la falta de exposición a la base de los escarpes, se hizo el cálculo de las reservas al utilizar el volumen de los cerros que forman el conjunto general. El cálculo arrojó como resultado un potencial, expresado como reserva indicada, de 4,7 millones de toneladas de caliza explotable a cielo abierto. Este es un tonelaje mínimo, porque la unidad se prolonga hacia el norte.

Como ya se mostró (tabla 51), la caliza tiene características para su utilización como materia prima para cemento. La calidad promedio señala los siguientes valores: 97,19% de contenido de CaCO_3 , 2,15% de contenido de MgCO_3 , 0,00 de contenido de Fe_2O_3 y 0,48% de Al_2O_3 (Zambrano et al., 1965, pp. 4-10).

Área calcárea 1302 La Floresta

El área calcárea 1302 se localiza aproximadamente 23 kilómetros al sur de la ciudad de Montería, por el carretable Medellín-Sapo, en el cordón montañoso que se extiende de norte a sur desde la colina La Floresta, hasta el sitio de El Campano, por el costado oriental del río Sinú.

El principal acceso es por la vía Montería-San Anterito y luego al corregimiento de Santa Isabel con ramal para la granja Porvenir del Sena. El recorrido por esta vía es de 80 kilómetros. Las calizas no presentan intercalaciones de otras rocas.

El cálculo dio como resultado un potencial, expresado como reserva indicada, de 29,4 millones de toneladas explotables a cielo abierto.

Respecto a la calidad de las rocas calcáreas, los valores promedio son los siguientes: 96,29% de contenido de CaCO_3 , 0,25% de MgCO_3 , 0,86% de Fe_2O_3 y 0,60% de Al_2O_3 .

Potencial y perspectivas

En relación con el potencial y las perspectivas de la zona calcárea 13, en las dos áreas calcáreas (La Cantera y La Floresta) hay un cálculo de reservas muy conservador. En todo caso, el potencial de los dos depósitos alcanza una cifra total de 34 millones de toneladas. El total para las dos áreas sin duda aumentará, si se exploran los dos depósitos hacia los lugares sugeridos por los autores del trabajo de evaluación.

En lo que tiene que ver con las áreas calcáreas no evaluadas, es de esperar que la cifra de reservas se eleve considerablemente, al igual que el conocimiento de su calidad, mediante la exploración y evaluación de éstas.

Zona calcárea 14 Antioquia

La zona calcárea 14 se encuentra localizada en el departamento de Antioquia, ubicado al noroccidente del país (figura 20, zona 14), y su territorio se encuentra principalmente sobre las cordilleras Occidental y Central de los Andes colombianos.

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Antioquia está localizado en la región noroccidental del país, con una extensión territorial de 63.612 km² (Igac, 2008); limita por el norte con el mar Caribe y los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar; al oriente con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Santander y Boyacá; al sur con Risaralda y Caldas, y al occidente con el departamento de Chocó.

Se extiende desde la región del Caribe, en el extremo norte, hasta la faja septentrional de las cordilleras Central y Occidental. Además, forma parte de la región del Pacífico, en la zona de Urabá y en la zona adyacente al río Atrato. Esta ubicación incide tanto en la diversidad de las características físicas del departamento como en las comunicaciones y en la influencia cultural, de manera especial en las regiones que fueron objeto de su colonización en el siglo pasado (González, 2001, p. 19). A continuación se muestran la localización y los límites del departamento (figura 74).

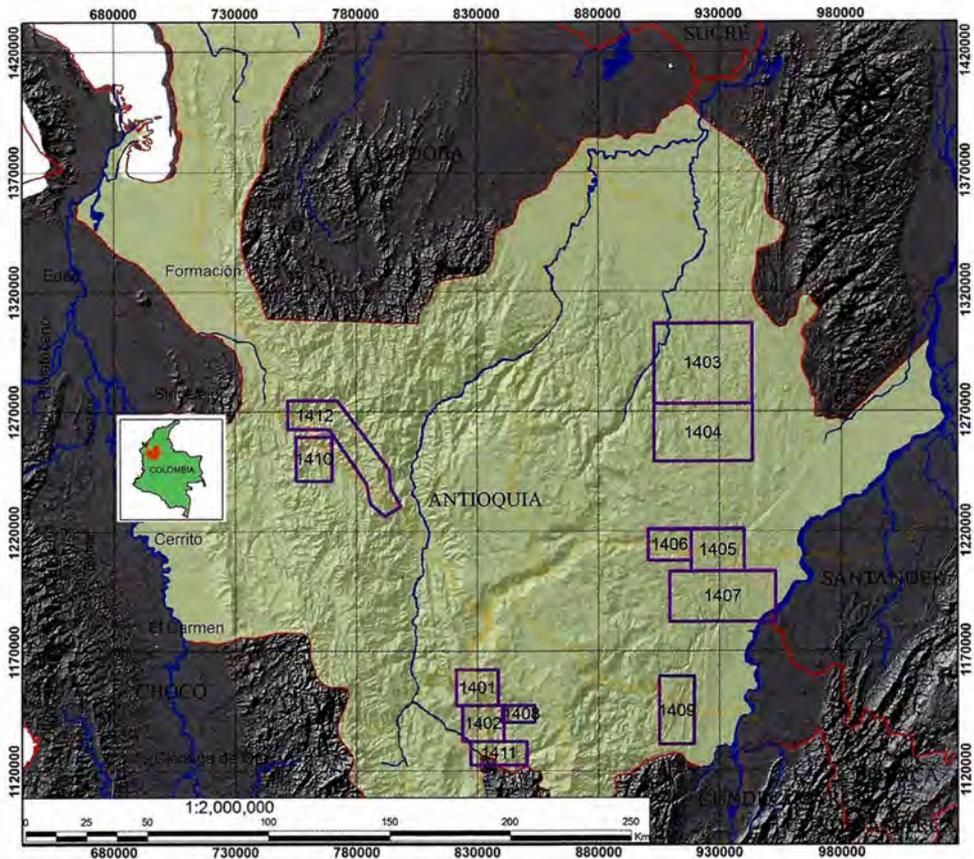
El departamento de Antioquia tiene una red de carreteras que permite la comunicación entre Medellín, su capital, y la mayor parte de las localidades, entre sí. La principal vía de acceso es la troncal Occidental, que cruza el territorio departamental de sur a norte. Cuenta con algunos tramos de ferrocarril, como los de Grecia-Bello y Grecia-Girardota y La Gómez-Nare, utilizados para el transporte de carga.

Adicionalmente, dispone de puertos fluviales y marítimos; los puertos fluviales están sobre el río Magdalena (Puerto Berrío, Nare y Triunfo) y el río Cauca (Caucasia, Murindó y Nechí); en la costa del mar Caribe se encuentran los puertos de Turbo, Arboletes y Necoclí.

Aspectos físicos

El departamento es montañoso en su mayor parte; se pueden distinguir claramente seis conjuntos geomórficos: la cordillera Central, la cordillera Occidental, el altiplano central, la planicie del río Magdalena, los valles de los ríos Cauca y Nechí y el conjunto Atrato-Urabá.

La cordillera Central es amplia y maciza. Posee clima templado y frío húmedo. Allí domina una cubierta vegetal conformada por la asociación de cultivos (café, frijol, maíz y yuca), pasto y relictos de bosque.



CONVENCIONES — Vías — Ríos □ Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 74. Mapa de localización de la zona calcárea 14 Antioquia y distribución de áreas calcáreas.

La cordillera Occidental posee diferentes pisos térmicos y es esencialmente muy húmeda. Tiene una cubierta vegetal de bosques, pastos y matorrales, así como vegetación de páramo. En ella, el nudo de Paramillo alcanza 3960 metros de altura.

El altiplano central forma un paisaje de lomerío de pendientes suaves, con elevaciones promedio de 2200 metros y clima frío semihúmedo.

La planicie del río Magdalena posee un clima cálido semiárido, donde prevalecen los pastos y matorrales.

Los valles de los ríos Cauca y Nechí tienen clima cálido húmedo, donde se desarrolla un mosaico de pastos, rastrojos, matorrales y relictos de bosque.

El conjunto Atrato-Urabá está situado al occidente y noroccidente del departamento, de clima húmedo, compuesto por un conjunto de depósitos fluviolacustres y aluviales en los cuales se han formado ciénagas y extensos pantanos rodeados de bosques nativos, grandes extensiones de pastos e importantes plantaciones de bananos para exportación.

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Antioquia tiene una población, de 5.682.276 habitantes, distribuidos en 124 municipios; la población goza de una buena cobertura de servicios públicos, distribuida así: acueducto, 86,8%; alcantarillado, 81,2%; energía eléctrica, 95%; telefonía fija, 71,2%, y gas natural, 13,1%. Son abundantes los atractivos culturales y turísticos presentes en su capital, entre los que se destacan el Parque Ecológico Piedras Blancas, el Jardín Botánico y el cerro Nutibara.

Áreas calcáreas

En el departamento de Antioquia se localizan numerosos depósitos y yacimientos de caliza dentro de la unidad litoestratigráfica denominada actualmente Formación Cajamarca, referida al Precámbrico, con potenciales de varios millones de toneladas en cada uno; igualmente, hay numerosos depósitos, correspondientes a otras edades, aunque de menor potencial, pero importantes para el suministro de este recurso a la agricultura en diferentes lugares.

Así mismo, se destaca una amplia zona central donde aún no se ha encontrado caliza (figura 73). Esta zona se reconoce, si se toma en consideración la ausencia del recurso calcáreo, entre la línea Amagá-Versalles-La Unión-Cocorná, al sur, y la línea Yarumal-Amalfi-Segovia, al norte.

Al oriente de esta zona central, se desarrollan los depósitos de Remedios-Maceo-Nare-río Samaná-río Claro-Nariño, que son los más grandes de Antioquia y prosiguen hacia el sur en los departamentos de Caldas, Tolima y Huila.

En el occidente, en el descenso al río Cauca, sólo se conocen depósitos pequeños sobre la línea Montebello-Toledo, y luego un poco más al oeste, sobre la línea Damasco-Fredonia-Loma Hermosa. Al oeste del río Cauca se

conocen depósitos pequeños o de baja pureza en Giraldo-Frontino-Uramita-Dabeiba.

Igualmente, se tiene información parcial sobre los estratos calcáreos de las quebradas Guineales y Anquitufa, en el norte del departamento.

En el sur, en el municipio de Abejorral, y al noreste, en Cocorná, hay estratos calcáreos que permiten trazar un límite meridional en la zona sin presencia de recursos de caliza, citada antes.

De acuerdo con el orden de exposición de González (2001), las siguientes son las unidades litoestratigráficas que refieren contenido calcáreo, las cuales permiten el reconocimiento de doce áreas calcáreas:

- Área calcárea 1401 Versalles
- Área calcárea 1402 Santa Bárbara
- Área calcárea 1403 Segovia
- Área calcárea 1404 Remedios
- Área calcárea 1405 Maceo
- Área calcárea 1406 Yolombó
- Área calcárea 1407 Puerto Berrío
- Área calcárea 1408 Abejorral
- Área calcárea 1409 Río Claro
- Área calcárea 1410 Nutibara
- Área calcárea 1411 Damasco
- Área calcárea 1412 Giraldo-Dabeiba

Área calcárea 1401 Versalles

El área calcárea 1401 corresponde a los alrededores de Versalles (figura 75); en la localidad situada en la unión de las carreteras provenientes de Santa Bárbara y Montebello, Wokittel (1955, pp. 16-17) señala la ocurrencia de una lente de caliza gruesa de siete metros, dentro de una formación arcillosa mesozoica; con gran probabilidad, se trata de la unidad que González (2001, mapa) llama sedimentitas del Complejo Quebradagrande (Kisqg), de edad Aptiano-Albiano (Ingeominas, 1999a, p. 60). Para esta unidad, Wokittel calcula una reserva de 15.000 toneladas, y sus análisis muestran contenido de 34,25% de CaO, 1,44% de MgO y 35,7% de residuo insoluble; el uso referido a su explotación es para obtener cal agrícola.

Área calcárea 1402 Santa Bárbara

Esta área se localiza al sur del municipio de Santa Bárbara (figura 74), donde aflora un cuerpo de mármol perteneciente al Grupo Cajamarca, referido a los mármoles paleozoicos (Pzm) (González, 2001, p. 58) o, probablemente, a las metasedimentitas de Sinifaná (Pzms) (González, 2001, mapa), que no se ha evaluado. Dicho depósito está alineado con el Pzmf de Toledo, para marcar la iniciación de la presencia de calizas hacia el occidente antioqueño. “En cercanías de Toledo hay otro afloramiento de toba calcárea de seis metros de ancho por 20 metros de alto, utilizado como fuente de cal agrícola.

Este afloramiento tiene un potencial de unas 50 mil toneladas” (Wokittel, 1955, pp. 14 y 16, anexos I y V) (Renzoni, 2007b, p. 27).

Área calcárea 1403 Segovia

El área calcárea 1403 se ubica en los alrededores del municipio de Segovia (figura 76), al nororiente del departamento. Aproximadamente 15 kilómetros al norte de la ciudad, en el alto Cabezas, vía a Zaragoza y a lo largo del río Pocuné, afloran calizas cristalinas (González, 2001, pp. 51-52, 58-59), dentro de esquistos paleozoicos de la unidad litoestratigráfica (Pzq).

En el sector Zaragoza se han calculado reservas de ocho millones de toneladas de calizas cristalinas de buena calidad: contenido de 50,3% de CaO; 0,24% de MgO y 5,4% de residuo insoluble. La caliza cristalina se desarrolla hacia el norte (Wokittel, 1955, p. 18) en esta unidad Pzq (González, 2001, mapa), así como al norte de Yarumal y Amalfi, que permiten marcar un límite a la ocurrencia de caliza hacia el sur. Los depósitos de Cedeño (municipio de Yarumal), Amalfi y Segovia, dispuestos en sentido este-oeste, marcan el límite septentrional de la zona central sin presencia de calizas, antes indicada.

En el sector Cedeño, al noreste de Yarumal, en la localidad homónima, se han observado dos depósitos de calizas cristalinas, pertenecientes a conjuntos de rocas metamórficas (Pz (ev + ev)). Se obtiene cal agrícola en forma artesanal. En el sector La Paila, margen derecha del río San Julián, se observa un afloramiento de calizas cristalinas (Pzev) y en Roldán, en la confluencia de la quebrada Calera con el río San Julián, se observa otro afloramiento de calizas cristalinas dentro de esquistos sericíticos de seis metros de espesor, el cual se explota para obtener cal agrícola.

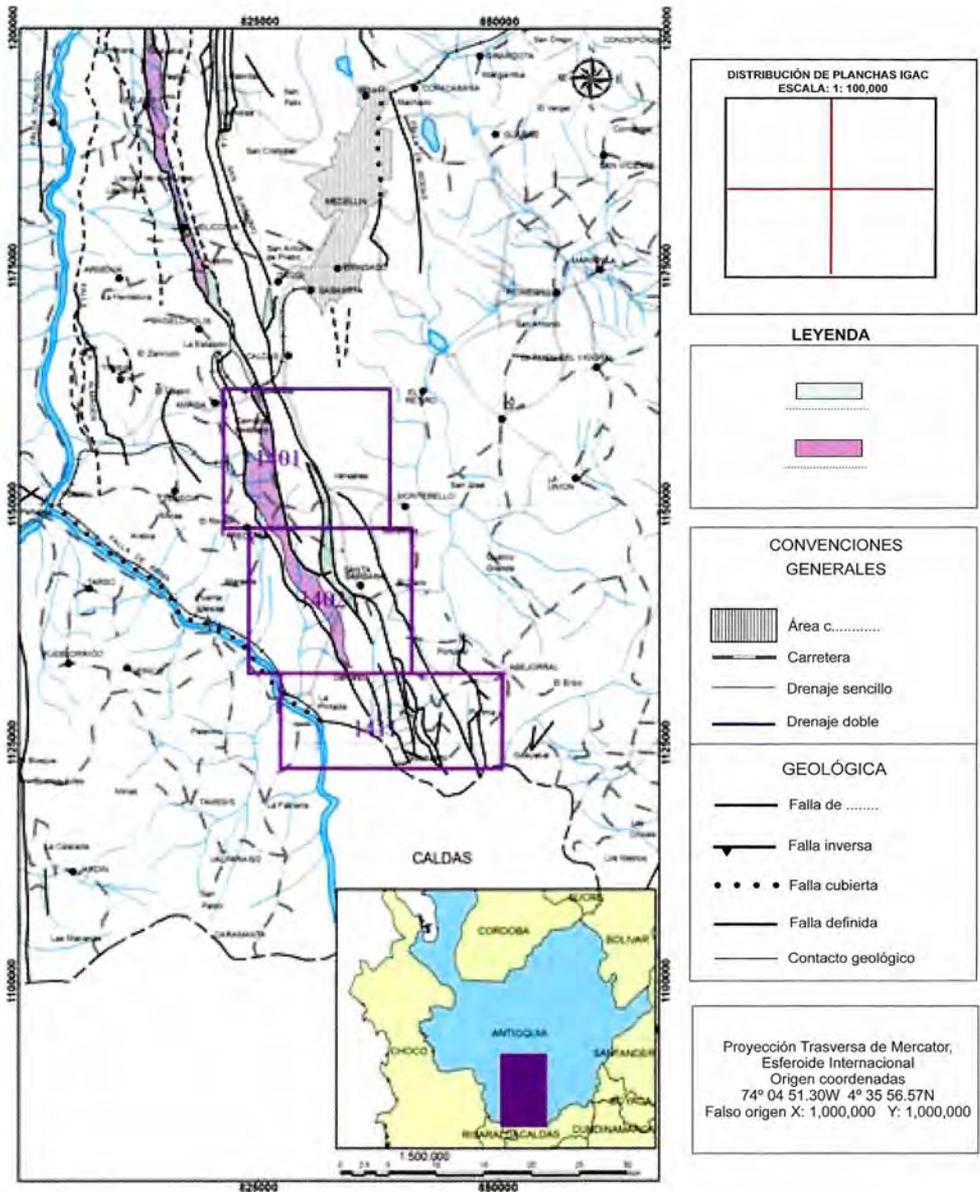


Figura 75. Depósitos de calizas en Versalles y en Santa Bárbara.

Fuente: Ingeominas.

En el sector Amalfi, al nor-noroeste de la localidad de su nombre, en la vertiente oriental del río Porce, se observaron dos depósitos de calizas cristalinas dentro de un conjunto de esquistos y filitas (Pzes) con un potencial de un millón de toneladas de materia prima, alta en magnesio. Se explotaba en pequeña escala para obtener cal agrícola (Renzoni, 2007b, p. 27). Para observar la reaparición de los depósitos es necesario llegar hasta Jordán y el río Nare (Pznf, Pzq), donde los explota Cementos El Cairo (que actualmente pertenece a Cementos Argos S.A.); en este sector hay reservas indicadas de 39 millones de toneladas (Ingeominas, 1999a, cuadro 47).

Área calcárea 1404 Remedios

El área calcárea 1404 (figura 76) corresponde a la localidad de Remedios, la cual por su cercanía incluye los depósitos de la parte meridional de Segovia (Ingeominas, 1999a, cuadro 47).

Área calcárea 1405 Maceo

Esta área está localizada en los alrededores de la localidad de Maceo (figura 77), en los límites orientales de dicho municipio con el de Puerto Berrío; por el río Alicante, a lo largo de un sector de cuatro kilómetros, desde la desembocadura del río Guardasol, aguas abajo (González, 2001, mapa), se encuentra una sucesión de mármoles blancos a grises claros (figura 53). Las calizas cristalinas están encajadas en esquistos micáceos, hornbléndicos, filitas y cuarcitas paleozoicas, de las unidades Pzm y Pzq (González, 2001, mapa).

Los mármoles afloran en varios sitios, elevándose de 30 a 100 metros sobre el nivel del río; se les calculó, sólo en superficie, reservas de 7,5 millones de toneladas (Ingeominas, 1999a, cuadro 47). El mármol blanco tiene un contenido de 97% de CaCO_3 y el mármol gris, de 94%. Se trata de un depósito grande y de muy buena calidad.

La distancia de tales depósitos, en línea recta hasta las estaciones del ferrocarril de Sabaleta o de Palestina, es de unos 15 a 18 kilómetros (Wokittel, 1955, p. 20). Posiblemente estos calcáreos siguen hacia el sur hasta Sabaletas, donde existen las explotaciones de Cementos Argos. Otros depósitos se encuentran a lo largo de la carrilera del ferrocarril, entre las estaciones de Caramanta y San José del Nus, en la unidad llamada Pznf (Gon-

Área calcárea 1406 Yolombó

El área calcárea 1406 corresponde al municipio de Yolombó; allí existen varios depósitos calcáreos, que se extienden al norte de la carrilera, entre Providencia y San José, a donde llegan probablemente los calcáreos presentes en el río Alicante, como mármoles del municipio de Maceo (Wokittel, 1955, p. 21).

Área calcárea 1407 Puerto Berrío

Área correspondiente al municipio de Puerto Berrío, donde hay yacimientos de mármoles en grandes volúmenes (Wokittel, 1955, p. 22). Se conserva el nombre utilizado para hacer referencia a cada uno de ellos.

Sector San Carlos (denominado también de las Iglesias)

Este yacimiento, que tiene un gran volumen de mármoles blancos y grises claros, está situado en la banda derecha del río Samaná Norte (Ingeominas, 1999a, mapa), al frente de Cañafistol, en los nacimientos de la quebrada Serranía. Por esta región estaba proyectada la carretera de San Carlos a Puerto Nare.

Sector Puerto Nare

Los depósitos calcáreos están localizados en las dos márgenes del río Nare, entre los ríos Nus y Samaná Norte, en los municipios de Puerto Berrío y San Roque. En las unidades Pzm, Pzq –y probablemente en la Pznf también–, en formaciones de filitas, esquistos arcillosos y micáceos paleozoicos (González, 2001, mapa), ocurren los yacimientos de mármol más grandes de Antioquia.

El yacimiento sobre la ribera izquierda del río Nare lo explotaba la empresa Mármoles y Cementos del Nare (hoy Cementos Argos S.A.). Se calculó un potencial de varios millones de toneladas de caliza cristalina, apta para la producción de cemento gris y blanco (Wokittel, 1955, pp. 21-22, anexos I y IIB). Algunas partes del yacimiento tienen alto contenido de magnesio, indeseable para la fabricación del cemento, por lo cual se requiere un control cuidadoso de la calidad del mármol (Wokittel, 1955, p. 22). Esta empresa ha calculado recientemente un potencial total de 1.078,32 millones de toneladas de caliza cristalina (Ingeominas, 1999a, cuadro 47) en las categorías de reservas medidas, indicadas e inferidas. Otros depósitos se hallan en la vía San Luis-Puerto Nare.

En estudios recientes (mina La Marmolera-Puerto Nare, 2009) se dice que el mármol aflorante en esta zona es una roca metamórfica granoblástica, que presenta variaciones en el color desde negro y gris oscuro hasta blanco, de grano fino a grueso. Desde el punto de vista macroscópico, la roca está compuesta principalmente por cristales de calcita de brillo vítreo, exfoliación perfecta en tres dimensiones y dureza tres.

Se establecieron recursos medidos de 11.997.440 toneladas, hasta una profundidad de 25 metros, y recursos indicados, hasta una profundidad de 75 metros de 24.536.980 toneladas. El contenido de CaO varía entre 54,63 y 56,06%. Estos mármoles se emplean para obtener cales en los mármoles de color claro, y los mármoles de color oscuro, por sus propiedades físicas, se utilizan como bloques ornamentales.

Sector Nus

Hace referencia a varias secciones a lo largo del ferrocarril, en el tramo entre Caracolí y Sabaletas (figura 77), en una parte del valle del Nus. Aquí se encontraron, a pocos kilómetros de distancia de la carrilera, varios yacimientos de caliza de diferentes volúmenes y calidades, puestos en explotación por Cementos Argos. Están localizados en los municipios de Yolombó, Maceo, Puerto Berrío y San Roque, antes mencionados.

En relación con los usos actuales y la comercialización de la roca explotada, el Distrito Minero de Puerto Nare señala que el mineral en general presenta tres tamaños de granos bien diferenciados: grueso, medio y fino. Los mármoles se dividen en tres clases, dependiendo del tamaño de grano (Minminas, 2009); el mármol de alta calidad grano fino y medio lo utilizan los productores de cal del sector de Tres Ranchos (autopista Medellín-Bogotá), en tanto que el mármol de alta calidad grano grueso lo usan las empresas de la región para sus plantas de molienda.

Los mármoles de la región presentan una alta pureza en carbonato de calcio y bajos contenidos de sílice, hierro y alúmina. La ausencia de material cuarzofeldespático con hornblenda, sulfuros de hierro tipo pirita, pátinas de óxido de hierro y contaminación con suelo de descapote hace que este material conserve alta calidad y pureza: contenidos mayores de 96% de carbonato de calcio, sílice menor del 1% y hierro menor del 0,2%. Parte de la producción la utilizan para la obtención de cales agrícolas; los consumidores de granos finos y medio producen cal viva para la industria

metalúrgica y la construcción, y los consumidores de grano grueso, para la aplicación en la industria del vidrio.

Área calcárea 1408 Abejorral

El área calcárea 1408 se ubica en la localidad de El Cairo, municipio de Abejorral, donde se explota un yacimiento de caliza cristalina cuyo potencial se calculó inicialmente en cinco millones de toneladas, con un contenido del 50,1% de CaO y de 0,1% de MgO; Cementos El Cairo lo utiliza como materia prima en la fabricación de cemento gris (Wokittel, 1955, pp. 17-18). Recientemente, el potencial de esta área se elevó a 22,7 millones de toneladas (Ingeominas, 1999a, cuadro 47) (Renzoni, 2007c).

Área calcárea 1409 Río Claro

Área localizada al oriente del departamento de Antioquia, en jurisdicción del municipio de Sonsón, al oeste de Puerto Triunfo, entre la quebrada Cristalina y el río Claro (figura 78).

Comprende cuatro licencias de explotación: 4410, 4411, 4412 y 4413, distribuidas en 1500 hectáreas, aproximadamente. La explotación se realizó en el área de las licencias 4411A y 4411B, cuyas coordenadas se obtienen en Ingeominas (1999a, anexo 5); adicionalmente, está la licencia 12700.

La vía principal de comunicación es la denominada Medellín-Bogotá, que pasa a una distancia de ocho kilómetros al norte de las licencias. El yacimiento de caliza cristalina forma parte de la unidad Pzm y consiste en una secuencia de rocas metamórficas del Paleozoico, de mármol, esquistos cuarzosericíticos, grafitosos y cuarcitas. La estructura principal es un sinclinal que termina contra la Falla de La Palestina.

En la zona de reservas A se calculan 22 millones de toneladas en la categoría de probadas; en la zona B se calculan 20 millones de toneladas de reservas probables; el mejor resultado en los análisis dio contenidos de 56% de CaO, 3% de SiO₂ y 0 a 1% de MgO.

Se hizo además un cálculo sobre todo el mármol en las licencias y se obtuvieron como resultado 1500 millones de toneladas que, en el momento actual, se pueden considerar el potencial del yacimiento.

El sistema de explotación usado era a cielo abierto, en bancos descendentes, de diez metros de altura y dirección de avance este a oeste.

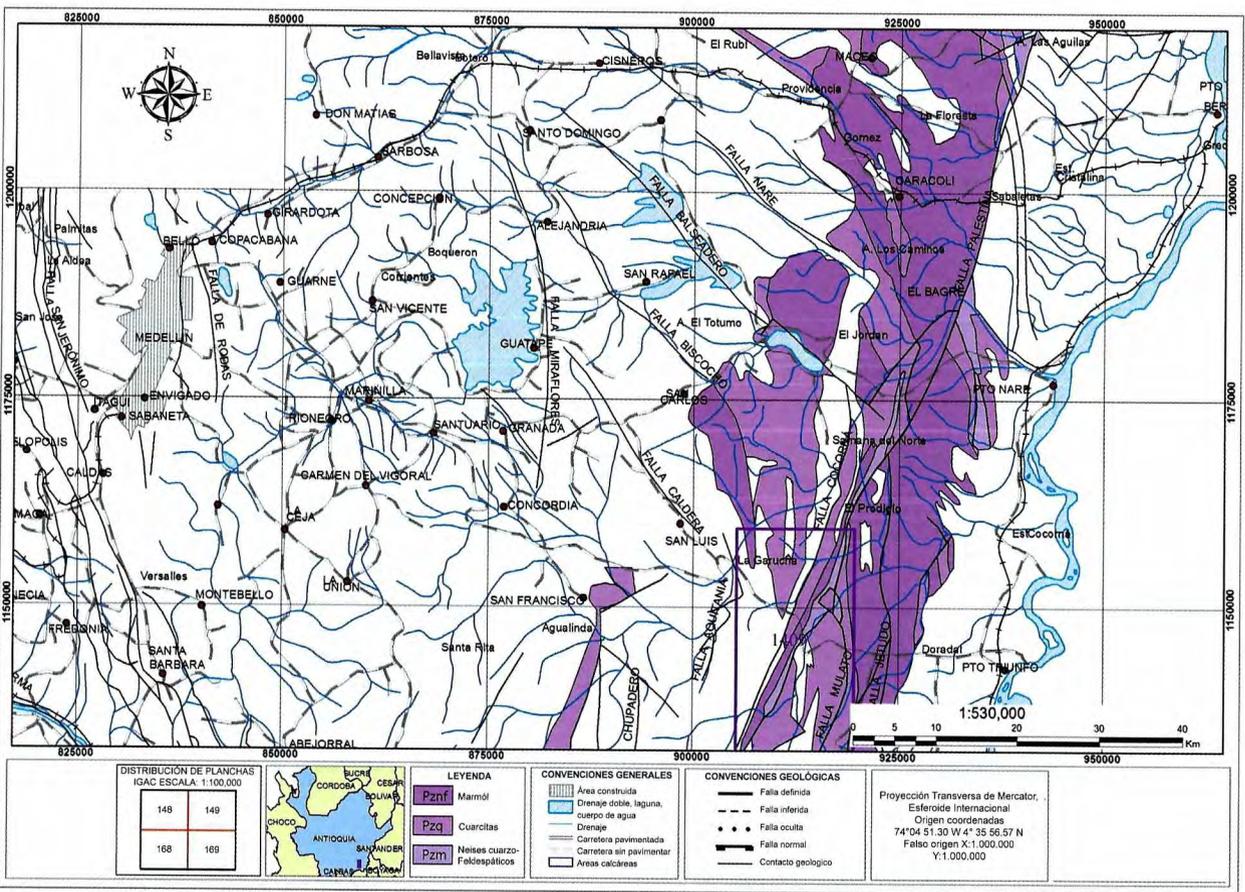


Figura 78. Localización del área calizárea 1409, correspondiente al yacimiento de Río Claro.

Fuente: Ingeominas.

Según información reciente sobre el área de la licencia de la empresa Holcim en la zona, “Los mármoles calcáreos son de color gris claro, gris oscuro y negro; su textura es granoblástica fina y media o afanítica. La estratificación es de laminación fina a muy gruesa, estratos muy finos, medios y masivos de forma paralela hasta cruzada laminar. Presenta intercalaciones milimétricas hasta centimétricas de cuarcitas blancas y grises, liditas negras lenticulares y, en muchos casos, estructuras internas de flujos turbidíticos. Ocasionalmente se encuentran minerales secundarios, típicamente metamórficos, tremolita, wollastonita” (Holcim, 2010). “Los mármoles dolomíticos son de color gris oscuro o claro y textura granoblástica fina y media; están presentes principalmente en un sector de la parte superior de la Formación Río Claro” (Holcim, 2010).

Área calcárea 1410 Nutibara

El área 1410 corresponde a rocas calcáreas del miembro Nutibara del Grupo Cañasgordas, las cuales se han explotado esporádicamente para la obtención de cal agrícola. Los estratos calcáreos son continuos a lo largo del rumbo por distancias considerables (figura 79). Las capas tienen entre 10 y 30 centímetros de espesor (González, 2001, p. 118).

Área calcárea 1411 Damasco

Esta área corresponde al sector de Damasco. Como se mencionó al principio de este capítulo, al oeste del departamento, después del lineamiento Montebello-Toledo, se presenta otra alineación de afloramientos calcáreos. En efecto, al oeste de la anterior alineación, en la caída hacia el río Cauca, aparece la línea de calcáreos Damasco-Fredonia-Loma Hermosa, donde se presentan apenas unas cuantas manifestaciones de caliza en la región de Damasco (municipio de Santa Bárbara), de Fredonia y de Loma Hermosa (municipio de San Jerónimo). Se señalan para hacer exploración, con el fin de hallar depósitos explotables para suministrar cal agrícola. Se desconoce su potencial.

Área calcárea 1412 Giraldo-Dabeiba

El área calcárea 1412 corresponde a las localidades de Giraldo y Dabeiba (figura 79).

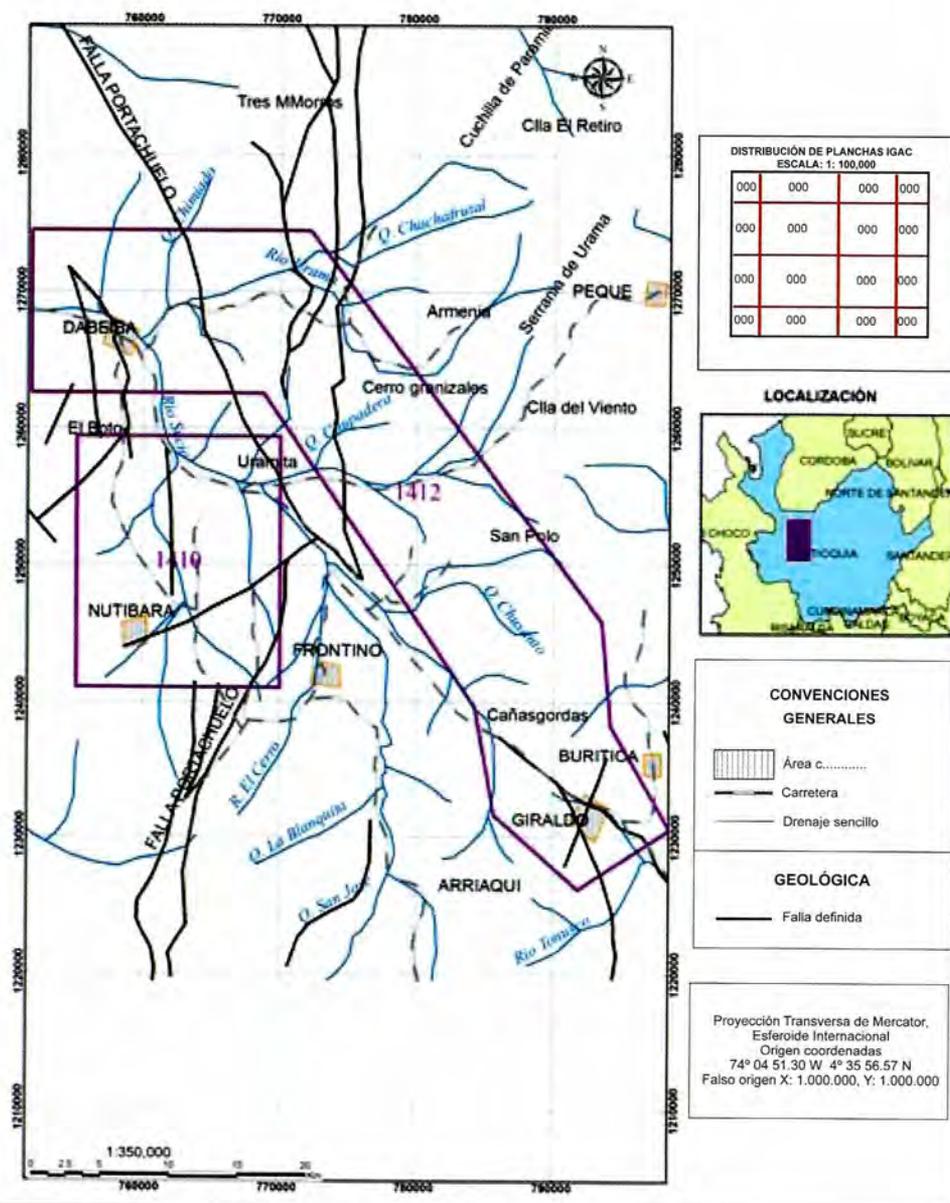


Figura 79. Áreas calcáreas 1410 (Nutibara), 1411 (Damasco) y 1412 (Giraldo-Dabeiba).

En cercanías de Giraldo, en el kilómetro 122 de la carretera al Mar, se han observado pizarras calcáreas que conviene explorar. Se desconocen calidad y potencial (Wokittel, 1955, p. 14, anexos I y IVB).

Sector Frontino

Al suroeste de esta localidad, en las quebradas Manso y Engaño, afluentes del río Musinga Grande, se encuentran calizas blancas de 50 metros de espesor. El contenido en CaO varía entre 32,37 y 40,98%. Constituye un gran depósito explotable a cielo abierto, utilizable para suministrar cal agrícola (Wokitel, 1955, p. 13, anexos I y IVB). Se desconoce el potencial.

Sector Dabeiba

Al sureste de esta localidad, sobre la carretera al Mar, se encuentra Uramita, en cuyas vecindades se han observado pizarras y tobas calcáreas de poco volumen, con tenor en CaO entre el 29,1 y 33,2%. Se señalan para sugerir una rápida exploración de los alrededores.

Potencial y perspectivas

Los grandes yacimientos marmóreos de las áreas calcáreas de Maceo, Puerto Berrío y río Claro aseguran provisiones de materia prima para la producción de cemento. Los otros depósitos y yacimientos antes mencionados pueden eventualmente suministrar materia prima para el cemento y explotarse para otros usos, como en agricultura.

El potencial de tal zona calcárea supera la cifra de 2751 millones de toneladas, correspondientes principalmente a las áreas calcáreas de río Claro y Puerto Berrío, pero se desconoce el potencial de las demás áreas calcáreas.

Zona calcárea 15 Caldas

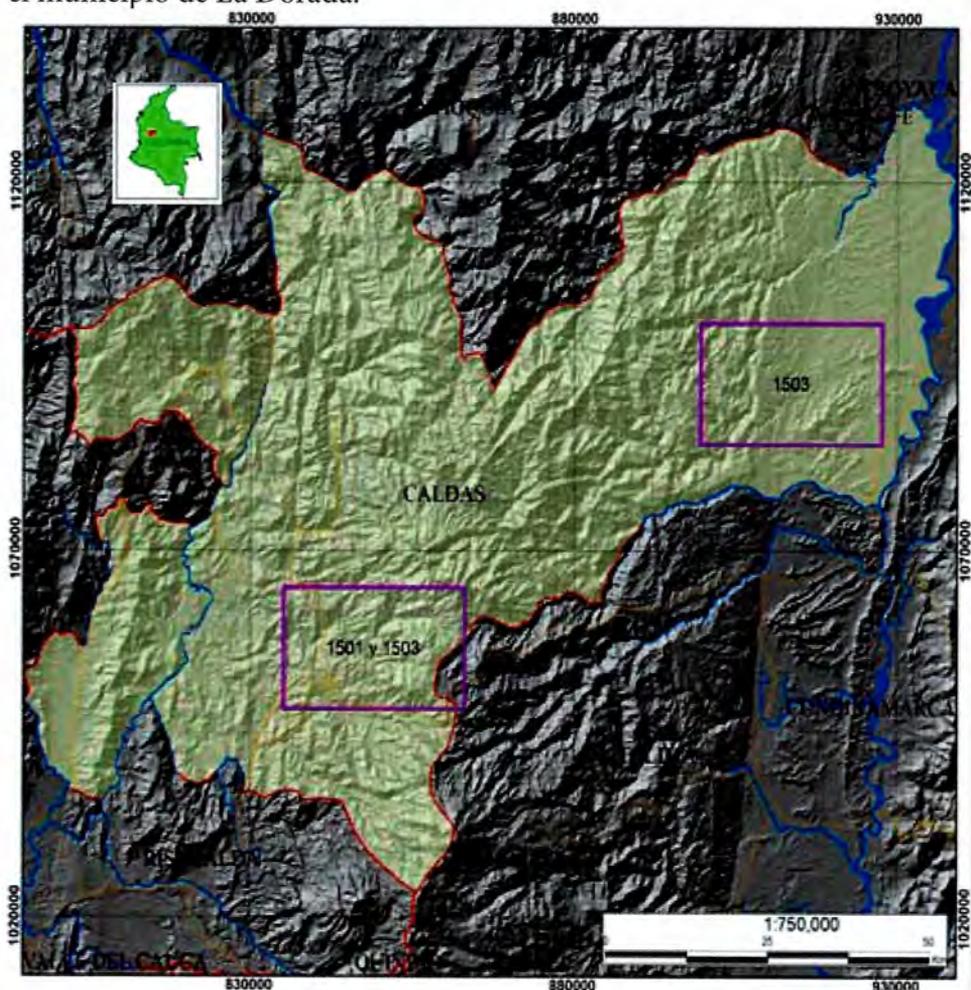
La zona calcárea 15 corresponde al departamento de Caldas, localizado en la región central de Colombia (figura 20, zona 15).

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento de Caldas está ubicado en la región central de Colombia y tiene un área total de 7888 km²; limita por el norte con el departamento de Antioquia; por el oriente, con el río Magdalena, que lo separa del departamento de Cundinamarca; por el sur, con los departamentos de Tolima y Risaralda, y por el occidente, con el departamento de Risaralda (figura 80).

El departamento es atravesado por una vía que lo comunica con Antioquia y Risaralda y todos los municipios se encuentran conectados entre sí, al igual que con Manizales, su capital. El río Magdalena es el medio fluvial por

excelencia para el transporte de carga y su puerto fluvial más importante es el municipio de La Dorada.



CONVENCIONES: — Vías — Ríos — Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04' 51.30W 4° 35' 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 80. Mapa de localización de la zona calcárea 15 y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Aspectos físicos

El paisaje del departamento de Caldas es esencialmente andino, donde se pueden distinguir tres conjuntos geomórficos: valles y planicies cercanos al río Magdalena, parte media de la cordillera Central y parte alta de la cordillera; se encuentra

en los pisos térmicos templado (39,5%), frío (24,3%), cálido (22%), muy frío a extremadamente frío (13,9%) y nival (0,3%). Los valles y las planicies cercanos al río Magdalena, de clima cálido húmedo, donde se desarrolla en forma prevalente una cobertura vegetal de pastos.

Está situado en la parte media de la cordillera Central, con diferentes pisos térmicos y condiciones de humedad propicias para la variedad de coberturas vegetales, como el café.

La parte alta de la cordillera Central, coronada por conos volcánicos como el Nevado del Ruiz (7310 metros), con vegetación de páramo (Igac, 2008, p. 365).

Aspectos ambientales y sociales

La población, de 968.740 habitantes, está distribuida en 27 municipios. El territorio está cruzado por importantes ríos, como el Magdalena, Cauca, Guarinó, Samaná y La Miel.

La población tiene buena cobertura de acueducto (88,7%), de alcantarillado (84,3%), de energía eléctrica (98,2%) y de telefonía fija (50,5%).

Son muchos los atractivos culturales y turísticos presentes en la capital y en las principales ciudades, tales como el Museo del Oro, la Torre de Herveo y el Parque Observatorio de Chipre.

Áreas calcáreas

Las manifestaciones de caliza halladas en este departamento son muy restringidas en lo que se refiere a la pertenencia a diferentes conjuntos calcáreos (figura 81). En Caldas, son dos las unidades que contienen calizas: el Grupo Cajamarca, a veces colocado en el Precámbrico y otras veces en el Paleozoico inferior, es el que presenta mayor interés, y la Formación Quebradagrande, de menor interés, metasedimentaria, reconocida en Antioquia y asignada al intervalo aptiano-albiano.

En el flanco oriental de la cordillera Central, quince kilómetros al este y sureste de Manizales, se encuentran los depósitos de la hacienda Manzanares y del río Blanco, dentro de rocas del Grupo Cajamarca.

En el flanco occidental de la cordillera Central, al norte de Manizales, se halla el yacimiento de la quebrada El Viento, cerca de Neira (coordenadas en Ingeominas, 1999d, cuadro 26), con rocas de la Formación Quebradagrande, de edad aptiana-albiana, en Antioquia (Ingeominas, 1999a, p. 60), explotado por Cementos Caldas.

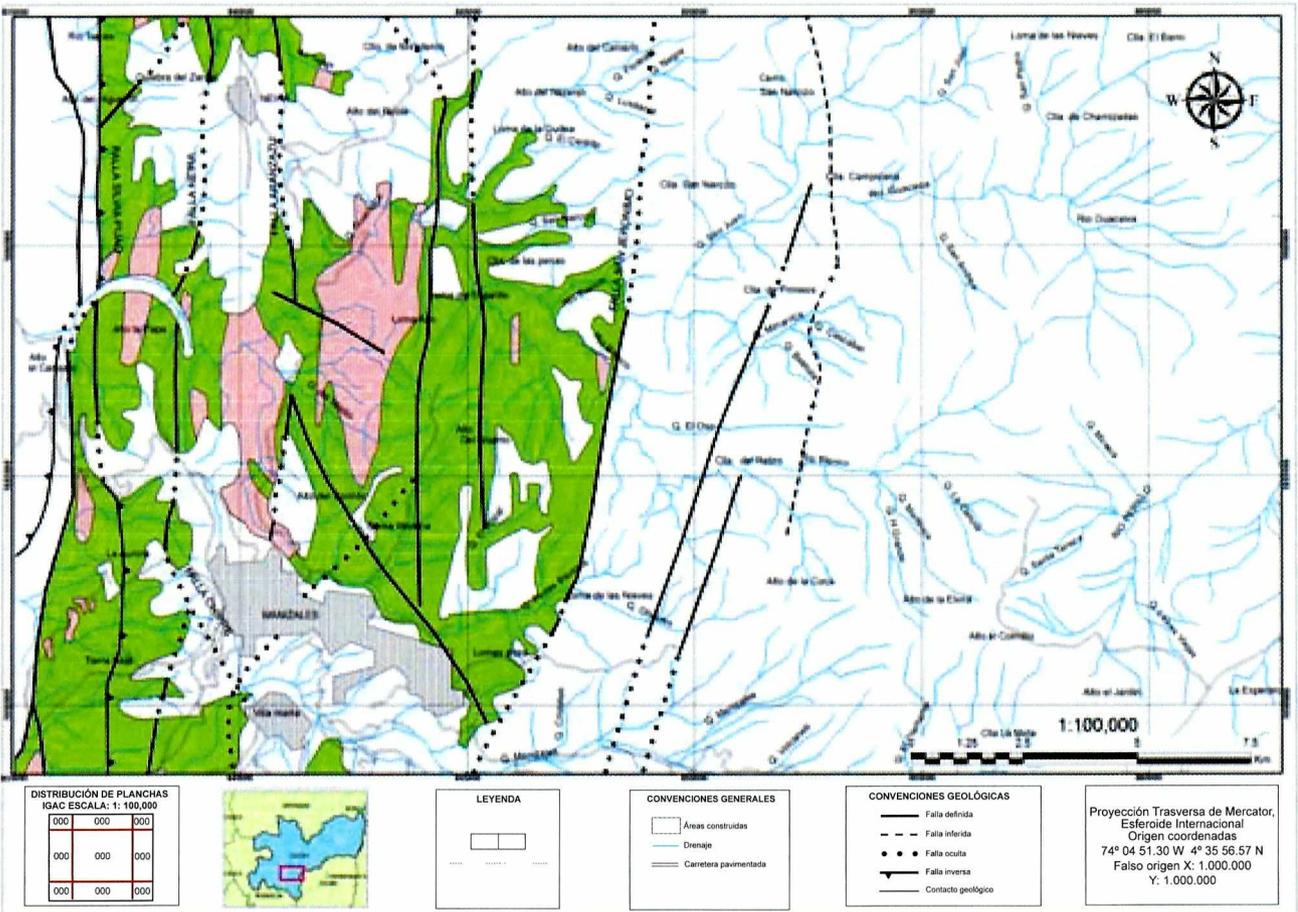


Figura 81. Mapa geológico de la zona calcárea 15 Caldas.
Fuente: Ingeominas.

También en el flanco oriental de la cordillera Central, pero ya en cercanías del Valle del Magdalena, sobre la carretera que se dirige de La Dorada a Manzanares, se encuentran los yacimientos de La Victoria (coordenadas en Ingeominas, 1999d, cuadro 26), dentro de rocas del Grupo Cajamarca, explotados por Cementos Caldas.

Los depósitos calcáreos de Samaná, citados en Ingeominas (1999d, cuadro 26) son de mármol, muy probablemente corresponden al Grupo Cajamarca. Las coordenadas del lugar están en el cuadro citado.

Al seguir el orden de exposición de Wokittel (1955), referente a los depósitos y yacimientos caldenses que ocurren en las unidades litoestratigráficas con contenido calcáreo, se reconocen las siguientes áreas:

- Área calcárea 1501 Manzanares
- Área calcárea 1502 Neira
- Área calcárea 1503 La Victoria
- Otros depósitos de calizas

Área calcárea 1501 Manzanares

El área calcárea 1501 corresponde a las investigaciones desarrolladas en la formación calcárea de la hacienda Manzanares, situada a doce kilómetros en línea recta, al sureste de Manizales (quince kilómetros por carretera), y próxima a la Maltería Bavaria, localizada en la vereda La Enea; continúan en esta misma unidad hacia el norte, en la zona del acueducto de Manizales, dentro de la hoya hidrográfica del río Blanco, de su afluente Pinares, y en el yacimiento de calizas de la quebrada El Viento, afluente del río Tapias, en el municipio de Neira (figura 81).

Sector Manzanares

En la parte alta de la hacienda Manzanares, dentro de un conjunto de rocas metamórficas, paleozoicas, de filitas y esquistos sericíticos y cuarzosos, se presentan mármoles y esquistos calcáreos en una zona de 600 metros de ancho, entre la quebrada El Horno y el camino de La Elvira. Los mármoles se caracterizan por su color claro, tenor de más de 90% de CaCO_3 y porcentaje de hasta 2,5% de MgCO_3 . Los esquistos calcáreos tienen 50% de CaCO_3 . El espesor de la capa calcárea varía durante el trayecto entre 1,30 y 4,70 metros; se calcularon reservas aproximadas de 200 mil toneladas, en parte explota-

bles a cielo abierto, y se tiene un material muy puro, con 90 a 97% de CaCO_3 y escaso contenido de magnesio. Así mismo, es interesante la explotación de los esquistos calcáreos que tienen 50% de CaCO_3 (Wokittel, 1955, pp. 10-12).

Sector Río Blanco

En la continuación, hacia el norte, de los mármoles anteriormente descritos; en el río Blanco, se explota a cielo abierto, un yacimiento de caliza cristalina, de diez metros de espesor, que lateralmente se ensancha a 13,8 metros. Tiene un contenido de 96,9% de CaCO_3 y 1,8% de MgCO_3 y se calcula una reserva de 90 mil toneladas. En su afluente, el río Pinares, hay una capa de mármol de 1,8 metros de espesor, que señala un contenido en CaCO_3 de 97,7% y en MgCO_3 de 1,7%; se calculó una reserva de 20 mil toneladas, explotada por métodos subterráneos. En conclusión, en cercanías de estos dos ríos hay un total de 110 mil toneladas que podrían aumentar con nuevas exploraciones (Wokittel, 1955, p. 14).

Área calcárea 1502 Neira

En el municipio de Neira, en la quebrada El Viento y dentro de filitas y esquistos sericíticos, se encuentra el yacimiento de mármol más grande de todo el occidente caldense (Wokittel, 1955, p. 15). Mediante la construcción de túneles se exploró una parte del yacimiento, localizado en la hacienda La Concha. El espesor del conjunto calcáreo varía entre 125 y 193 metros (por la precisión, Wokittel habla de “altura” y no de espesor). La calidad se obtuvo mediante el análisis de 500 muestras, cuyo resultado promedio es el siguiente (tabla 52):

Tabla 52. Análisis químicos del yacimiento de mármol de Neira

Sustancia	Porcentaje
CaCO_3	87,2
MgCO_3	3,8
SiO_2	6,88
Al_2O_3	0,11
Fe_2O_3	0,17
CaO	49,51
MgO	2,31
Pérdida al fuego	41,09

Fuente: Wokittel, 1955.

Respecto a la calidad de estas calizas cristalinas se presentan ciertos inconvenientes causados por el alto porcentaje de magnesio y sílice, distribuidos muy irregularmente en la masa del yacimiento. Por eso se necesitarán un control riguroso de la calidad y la eliminación de las partes no apropiadas para cemento en la explotación.

Calizas con esta composición promedio son buenas en cuanto al contenido de CaCO_3 y satisfactorias en lo referente al contenido de magnesio y sílice; para usarlas en la fabricación del cemento se necesitan arcillas poco silicosas para la corrección de la sílice, y mineral de hierro para aumentar el porcentaje de Fe_2O_3 .

La calidad mejorará con una selección adecuada del material en la etapa de explotación, facilitada por el gran volumen de material para el uso en la industria del cemento y la producción de cal agrícola.

Las reservas calculadas para este conjunto calcáreo superan los cinco millones de toneladas, suficientes para una fábrica de cemento prevista para producir aproximadamente 300 toneladas diarias (2,7 millones de toneladas de caliza en 20 años). Se recomienda, además, iniciar la explotación a cielo abierto (Wokittel, 1955, pp. 16, 17 y 18).

Área calcárea 1503 La Victoria

El área calcárea 1503 corresponde al yacimiento de La Victoria, del cual se tiene escasa información en la literatura geológica. En un trabajo de Ingeominas (1999d, p. 60) se afirma que el mármol “está al techo de una sucesión metamórfica de esquistos y es objeto de gran minería totalmente tecnificada por parte de Cementos de Caldas”. Sin embargo, no se presenta información sobre la calidad de la caliza cristalina, como tampoco de sus recursos.

Otros depósitos de calizas

En el departamento de Caldas existen otros depósitos de calizas y de calizas cristalinas, que merecen estudiarse (Wokittel, 1955, pp. 19-21). Se destacan los depósitos de Salamina, por su tamaño, y los depósitos de Samaná Sur y del río La Miel (Ingeominas, 1999d, p. 60).

Potencial y perspectivas

Es escasa la información geológica sobre los depósitos y yacimientos calcáreos de Caldas y que éstos se explotan para suministrar material a la fábrica de cemento, en primer lugar, y luego a la agricultura. Las reservas, de

aproximadamente cinco millones de toneladas en cercanías de Neira, son garantía, junto con las de La Victoria, de respaldar la provisión futura de la materia prima, sin considerar además otros depósitos de calizas.

Zona calcárea 16 Quindío

La zona calcárea 16 corresponde al departamento de Quindío, localizado en la región central de Colombia, en la zona geográfica denominada eje cafetero (figura 20, zona 16).

Localización, extensión y vías de acceso

“El departamento del Quindío limita por el norte con el departamento de Risaralda, por el oriente con el departamento de Tolima, por el sur con los departamentos de Tolima y del Valle del Cauca, y por el occidente con el Valle del Cauca” (Igac, 2008, p. 291); tiene una extensión territorial de 1845 km².

Aspectos físicos

En el paisaje andino de este territorio se distinguen fácilmente dos unidades geomórficas: la montaña y el piedemonte.

La montaña, situada al oriente, se extiende en dirección suroeste-noreste, en diferentes pisos térmicos, en régimen climático predominantemente húmedo, con cobertura vegetal donde se destacan el café, los pastos, el bosque andino y la vegetación de páramo. Las alturas alcanzan los 4800 metros en el volcán del Quindío.

El piedemonte, como un área inclinada al centro y al occidente del territorio, posee clima templado húmedo y semihúmedo, y cobertura dominante de café y pastos. En el extremo occidental y suroccidental, en las pequeñas áreas planas de los valles de los ríos La Vieja y Barragán, en clima templado, se desarrollan pastos y cultivos de caña de azúcar.

Aspectos ambientales y sociales

La población del departamento alcanza los 534.552 habitantes. Los principales ríos son el San Juan, Lejos, Verde, Espejo y Quindío. Por su extensión en territorios altos, se encuentra en los pisos térmicos templado (51,8%), frío (29,9%), muy frío a extremadamente frío (18,2%) y nival (0,1%).

En referencia a cobertura de servicios públicos, el 96,7% de la población tiene acueducto, el 92,6% alcantarillado, el 98,4% energía eléctrica, el 54,3% telefonía fija y el 32,5% tiene gas natural (Igac, 2008, p. 582).

Áreas calcáreas

El departamento de Quindío pertenece en su totalidad a la vertiente occidental de la cordillera Central, y se reconocen, de nororiente a suroccidente, cuatro áreas calcáreas bien apartadas y distintas, las cuales, con excepción de Puente Tabla, se consideran casi en su totalidad como manifestaciones.

Posteriormente se presenta la localización de las áreas calcáreas (figura 82); la ubicación de los grupos de depósitos y yacimientos se observa en Buitrago (1971, figura 2).

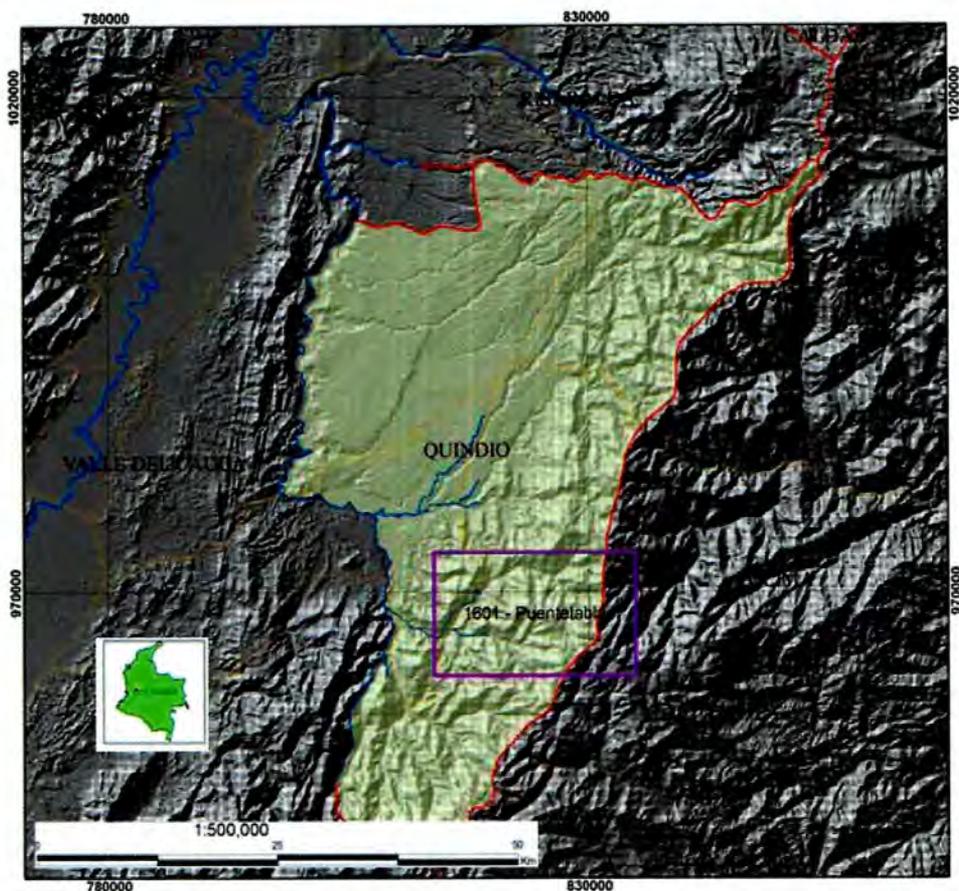
Al sureste de Salento, en la localidad La Selva, se ha observado un cuerpo lenticular de mármol negro dentro de una unidad de esquistos cuarzose-ricíticos y actinolíticos. En su proximidad, en haciendas cercanas a El Cedral y La Estrella, hay lentes de mármol de aproximadamente 30 centímetros de grosor, dentro de rocas similares a las anteriores. En el lecho de la quebrada Moravia hay lentes de mármol con grosor inferior a 20 centímetros, en medio de esquistos sericíticos; en la hacienda La Cabaña, sobre esquistos verdes calcáreos, yacen costras y estalactitas de calcita en las paredes de la quebrada. Los recursos en estas localidades son insignificantes; sólo en la primera localidad hubo una pequeña extracción de caliza para producir cal agrícola, que luego se abandonó (Buitrago, 1971, pp. 5-12).

Al sureste de La Virginia, en el municipio de Calarcá, en predios de la hacienda Betulia, hay lentes de mármol negro, dentro de esquistos cuarzo-sericíticos grafitosos; el mármol tiene espesores entre 90 y 120 centímetros; se explotaron para obtener cal agrícola, y posteriormente se abandonaron.

También en el municipio de Calarcá, en la propiedad del señor Buitrago, existen capas de mármol acordonado, de grosor inferior a 20 centímetros, dentro de una sucesión de esquistos negros grafitosos y de los cuales se produjo cal agrícola. Se considera que ambas manifestaciones no tienen importancia económica (Buitrago, 1971, pp. 13-14). La tercera área calcárea, se encuentra al este de Pijao, en el municipio homónimo, en la localidad de Villablanca; el depósito es una costra travertínica que cubre la pared de una quebrada y se explotó para obtener cal agrícola, pero el sector no tiene valor económico (Buitrago, 1971, pp. 15-16). En sus cercanías, sin embargo, afloran calizas que tienen algún valor en localidad cercana. Se trata del yacimiento de Puente Tabla, sobre el cual se expone más adelante (Buitrago, 1971, pp. 18-27).

Al sureste de Génova, en la hacienda El Pinar, se presenta una sucesión de esquistos cuarzose-ricíticos, grafitosos, con intercalaciones de esquistos

actinolíticos. Estos esquistos son ricos en calcita, la cual es disuelta y luego redepositada por las aguas lluvias en escarpes rocosos húmedos. Los recursos son exiguos y no se reporta ninguna explotación (Buitrago, 1971, pp. 17-18).



CONVENCIONES: — Vías — Ríos □ Bloque calcáreo

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000 Y: 1.000.000

Figura 82. Mapa de localización de la zona calcárea 16 Quindío y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Área calcárea 1601 Puente Tabla

El área calcárea 1601 corresponde a la localidad de Puente Tabla; el yacimiento está localizado en el municipio de Pijao, en la carretera Pijao-Génova, entre los ríos Lejos y Azul y la quebrada Maicena. Todo el yacimiento se localiza en proximidad del río Lejos, en cercanías al sitio de Puente Tabla.

En los alrededores de Puente Tabla, las rocas son metamórficas (especialmente esquistos sericíticos), ígneas (gabros y cuarzodioritas) y sedimentarias como arcillolitas y lodolitas con intercalaciones de calizas.

Se hallaron dos afloramientos de caliza: el primero, de 750 metros de longitud, muy cerca de la escuela Puente Tabla, y el segundo, de 100 metros de longitud, en la ribera opuesta del río. Por la dispersión de los cantos, el primer afloramiento continúa probablemente otros 200 metros.

Las relaciones entre estos tipos de roca son siempre por fallas. Las calizas son silíceas y arcillosas, lo que no permite que el contenido promedio de carbonato de calcio supere en ellas el 60%, aunque ocurran paquetes de caliza con promedio de 80%. El contenido del 62,12% de CaCO_3 corresponde a los siguientes contenidos de las otras sustancias: 34,79% de CaO , 1,02% de MgO , 32,54% de SiO_2 , 0,79% de Al_2O_3 y 2,06% de Fe_2O_3 (Buitrago, 1971, tabla 1) (figura 83).

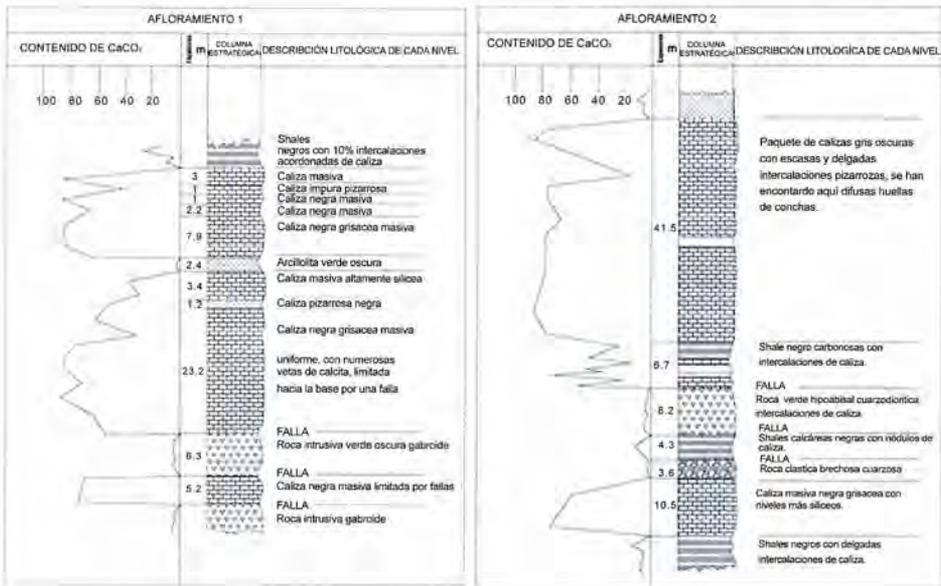


Figura 83. Variación del contenido de CaCO_3 en cada sección geológica de las calizas de Puente Tabla.

Fuente: Buitrago, 1971.

Para el cálculo de reservas, con base en la longitud de los afloramientos y un espesor de 50 metros de caliza, se obtiene un total de 5.400.000 toneladas en la categoría de reservas indicadas (probables para el autor) y de 25.245.000 tonela-

das en la categoría de reservas inferidas (o posibles según el autor), para un gran total de reservas de 30.645.000 toneladas (Buitrago, 1971, pp. 24-28). Esta caliza puede usarse para cal agrícola, afirmado de carretera y agregado para concreto.

Potencial y perspectivas

Según los comentarios del autor del trabajo citado, “lo que se conoce actualmente en el departamento del Quindío sobre yacimientos de calizas y mármoles permite asegurar que ellos sólo sirven para la obtención de cal, además del uso que poseen estas rocas como materiales de construcción. Los yacimientos más importantes que posee el Quindío son las calizas de Puente Tabla con 30.645.000 toneladas y los incipientes mármoles de Salento con 100.000 toneladas de reservas inferidas aproximadamente” (Buitrago, 1971, p. 27).

Zona calcárea 17 Tolima

La zona calcárea 17 corresponde al departamento de Tolima, localizado en la región central del país, sobre la cordillera Central (figura 20, zona 17).

Localización, extensión y vías de comunicación

El departamento de Tolima limita al norte con el departamento de Caldas, al oriente con Cundinamarca y Huila, al sur con el Huila y al occidente con los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío y Risaralda (figura 84); tiene una extensión territorial de 23.562 km².

La red vial del departamento une todas las cabeceras municipales con Ibagué, la capital. La zona agroindustrial del valle del Magdalena posee vías que comunican a Ibagué con Bogotá, Cali, Medellín y la vía a Honda, que une el norte del Tolima con los departamentos de Caldas, Risaralda y Cundinamarca.

Aspectos físicos

El paisaje del departamento está conformado por cuatro conjuntos geomórficos: cordillera Central, piedemonte, valle del Magdalena y cordillera Oriental.

La cordillera Central, al occidente, se caracteriza por un conjunto de volcanes nevados de gran altura, como el Huila (5631 metros), Tolima (5280 metros), Santa Isabel (4965 metros) y Ruiz (5310 metros). Presenta distintos

pisos térmicos, desde cálidos hasta nieves perpetuas, y variadas condiciones de humedad, así como diversas coberturas vegetales, entre los cuales se destacan el cultivo del café en el piso térmico templado y la vegetación de páramo en las partes altas.

El piedemonte del departamento se aprecia tanto al occidente como al oriente del río Magdalena. Presenta clima cálido semiárido en su parte más baja y templado más húmedo, en su parte más alta. La cubierta vegetal es pasto asociado con cultivos de arroz y sorgo.

El valle del Magdalena, de clima cálido semiárido, incluye depósitos aluviales recientes, cubiertos de pastos y relictos de bosque.

La cordillera Oriental ofrece variados pisos térmicos, con condiciones de humedad semiárida en la parte baja, con presencia dominante de pastos; semihúmeda en la parte media, con cultivos de café asociados con pastos y relictos de bosques, y húmeda en la parte alta, con bosques.

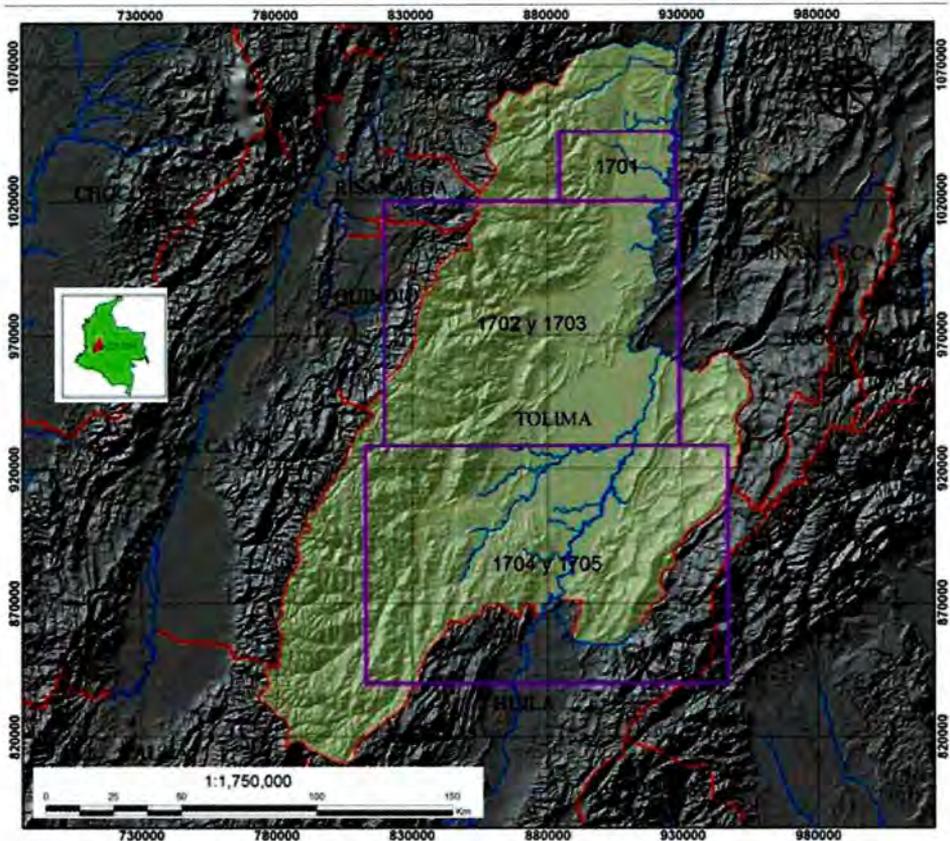
Aspectos ambientales y sociales

Los principales ríos del departamento son el Coello, Magdalena, Saldaña, Cabrera, Gualí y Combeima. El Tolima se encuentra en los pisos térmicos cálido (35,9%), templado (26,9%), muy frío a extremadamente frío (19,1%), frío (17,8%) y nival (0,3%) (Igac, 2008, p. 643). Cuenta con numerosos sitios turísticos, culturales y parques naturales, como Los Nevados, Las Herosas, las cataratas de Medina y el embalse del río Prado (Igac, 2008, p. 644).

En el departamento de Tolima hay 1.365.342 habitantes. En referencia a la cobertura de servicios públicos, el 81,5% de la población tiene servicio de acueducto, el 70,4% alcantarillado, el 92,5% energía eléctrica, el 41,2% telefonía fija y el 32,3% gas natural.

Áreas calcáreas

En referencia a las áreas calcáreas del departamento de Tolima y para facilitar la visión del potencial minero, correlacionar las ocurrencias minerales con la geología del área y agilizar la presentación de sus recursos, se dividió el departamento en cuatro regiones: región norte, región central, región sur y región oriental (Buenaventura, 1975, pp. 1-4, figura 1) (figura 84).



CONVENCIONES: — Vías — Ríos □ Bloque Calcáreo

Proyección TraNsversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas. 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 84. Localización de la zona calcárea 17 Tolima y distribución de las áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Las rocas que acompañan las calizas son de variada naturaleza, consecuencia de la posición estratigráfica y cronoestratigráfica de la unidad. Las calizas cristalinas pertenecientes al Grupo Cajamarca están estratificadas dentro de esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos, esquistos verdes clorítico-actinolíticos, cuarcitas, esquistos anfibólicos; el grupo es referido al Precámbrico. Las calizas, localmente cristalinas, de la Formación Payandé del Tríasico superior-Jurásico inferior, se acompañan de anfibolitas, neises y cuarcitas; las calizas se intercalan con lodolitas y arcillolitas negras fosilíferas. Las calizas de la Formación Villeta, referidas al Cretácico superior, están interestratificadas con lodolitas, arcillolitas negras y arenitas de cuarzo.

Se sigue la subdivisión propuesta por Buenaventura (1975, pp. 1-4, figura 1) para el departamento de Tolima y se subdivide en áreas calcáreas, así:

Región norte

- Área calcárea 1701 Lérica

Región central

- Área calcárea 1702 Venadillo
- Área calcárea 1703 San Luis-Rovira

Regiones sur y oriental

- Área calcárea 1704 Madroño
- Área calcárea 1705 Guacharacal-Providencia

Región norte

La región norte se localiza al nor-noreste y al oeste de la población de Lérica (figura 84), donde se encuentran cuatro pequeños depósitos de caliza cristalina, que se presentan como lentes estratificadas con rocas metamórficas, o como xenolitos en rocas intrusivas.

En esta región ocurre un número grande de manifestaciones de oro y plata y de materiales de construcción, pero son pocas las manifestaciones de caliza. Gracias a estos últimos afloramientos, se ha logrado reconocer la siguiente área calcárea:

Área calcárea 1701 Lérica

Al noroccidente y al occidente de Lérica se reconocen y levantan cuatro lugares con ocurrencia de mármol, de los “cuales dos son minas activas y dos son minas abandonadas” (figura 85). Las ocurrencias de mármol en esta región del departamento son escasas y se encuentran relacionadas con rocas metamórficas e intrusivas de la cordillera Central” (Buenaventura, 1975, p. 313). Las ocurrencias de mármol no presentan grandes reservas, y en general sus características físicas y químicas limitan su utilización en la industria química refinada o en ornamentación. Su aplicación por el momento se restringe a uso como cal agrícola, y retal y granulado de mármol, principalmente. A continuación se describen los afloramientos de mármol:

Sector La Esperanza

Es una mina activa (figura 85), que produce aproximadamente quince toneladas semanales. Se trata de un bolsón de mármol alojado en anfibolitas, originado a partir de metamorfismo regional, de rocas originalmente de composición calcárea (Buenaventura, 1975, pp. 320 y 321). El área está cubierta por una cantidad de suelo y materiales de derrubio de pendiente. Es posible que se trate del mismo cuerpo de mármol de la mina activa El Chicharrón, situada 900 metros al sur. No fue posible calcular el potencial, por encontrar las áreas cubiertas.

Los análisis químicos de las muestras indican una roca con 52,20% de contenido de CaO, el 0,00% en MgO y 5,72% en SiO₂. Se desconocen las reservas del yacimiento pero, a juzgar por los afloramientos, son pequeñas y muy dispersas. Su calidad prevé uso como materia prima para cemento, pero sus dimensiones reducen esta posibilidad. Se utilizan como rajones para enviarlas a las marmolerías de Bogotá o para producir cal agrícola.

Sector El Chicharrón

Es una mina activa (figura 85), con explotación a tajo abierto y producción de 35 toneladas semanales de rajón de mármol, el cual se transporta a Bogotá; se trata también en este caso de un bolsón de mármol en anfibolitas y su origen es por metamorfismo regional en rocas de composición calcárea; corresponden a pequeñas lentes de mármol, distribuidas en forma irregular dentro de las anfibolitas, lo cual limita sus reservas.

Sector La Resaca y La Calera

Minas abandonadas. Se trata de xenolitos de esquistos, con intercalaciones lenticulares de mármol, dentro de cuarzodioritas del batolito de Ibagué. En su momento, se utilizaron para producir cal agrícola y para blanqueo de casas. Por los afloramientos observados, las reservas son escasas y el depósito tiene poca importancia económica.

Región central

La región central del departamento del Tolima posee ocurrencias de calizas y mármoles en forma abundante y ampliamente distribuidas (figura 86); se clasifican en tres grupos:

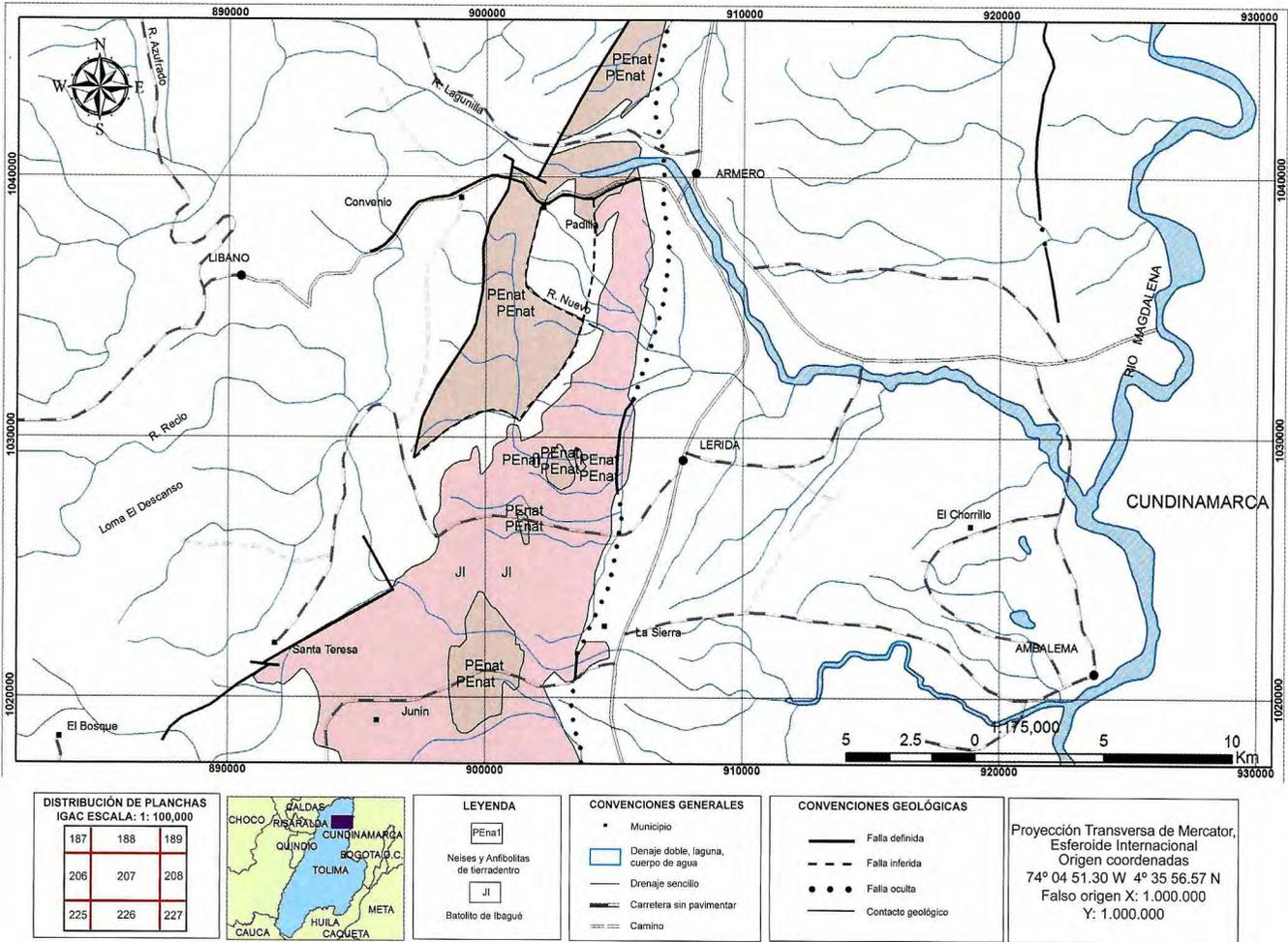


Figura 85. Región norte del departamento del Tolima.

Fuente: Ingeominas.

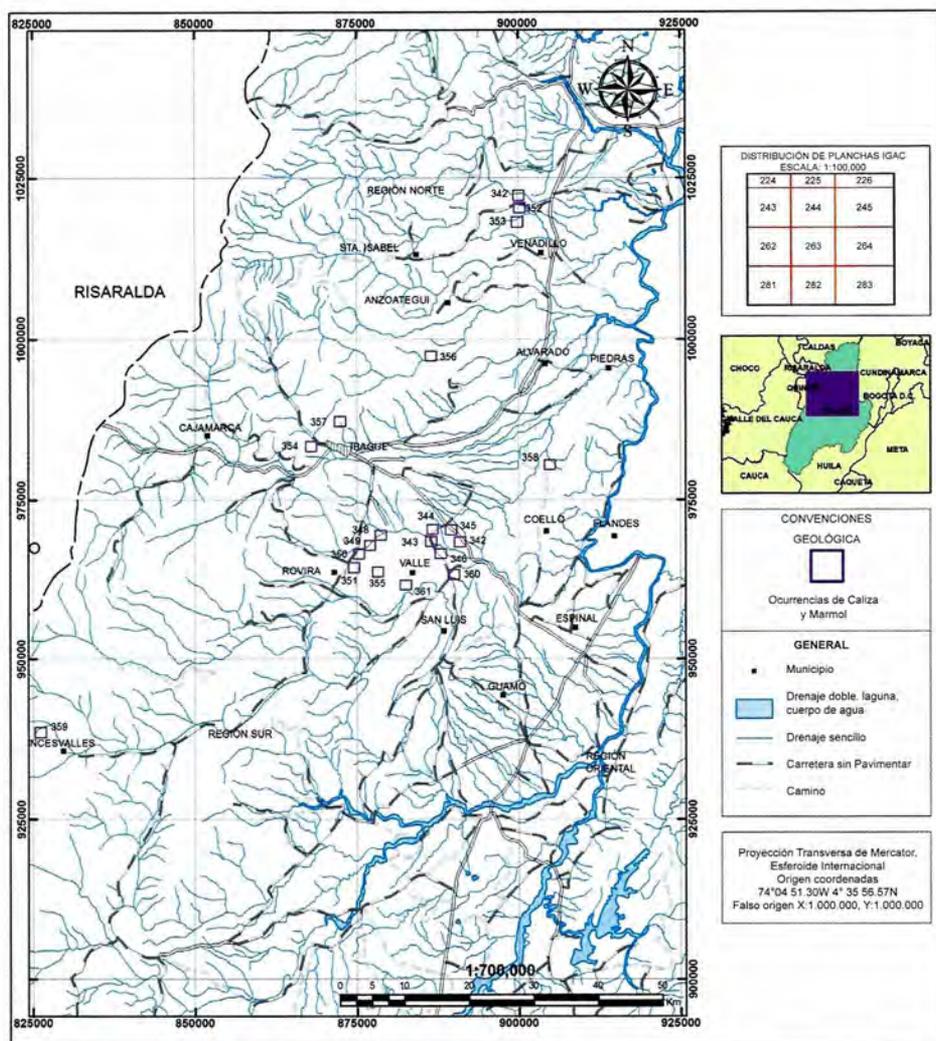


Figura 86. Región central del departamento del Tolima.

Fuente: Buenaventura, 1975.

- Asociadas a rocas metamórficas de la cordillera Central, de posible edad Pretriásica.
- Asociadas a rocas sedimentarias, en las cuchillas La Chapa y Buenavista de edades triásico-jurásico.
- Asociadas a rocas sedimentarias, en el valle del Magdalena, correspondientes al Cretácico.

El primer grupo está compuesto, en su gran mayoría, por rocas que petrográficamente son mármoles, asociados casi siempre a grandes xenolitos de anfibolitas dentro de la cuarzodiorita del batolito de Ibagué. A este grupo pertenecen los yacimientos existentes en los municipios de Venadillo y parte de Ibagué, entre los cuales cabe mencionar La Calera I, Piedra El Rey, El Palmar, La Calera II, La Palmilla, La Veta y La Camelia.

El segundo grupo corresponde a calizas y, en menor proporción, mármoles, pertenecientes a la Formación Payandé, las cuales afloran en las cuchillas de La Chapa y Buenavista, en los municipios de San Luis, el valle de San Juan y Rovira; constituyen la mayor reserva del departamento del Tolima. A este grupo pertenecen los yacimientos de Guacamayo, La Paloma, El Secreto, Los Arrayanes, Río Frío, Salamanca, L. Bernal, J. Machado, A. Martínez, J. Rodríguez.

El tercer grupo está compuesto por calizas que, junto con lalitas, margas y areniscas, forman parte de los sedimentos del Cretáceo en el valle del Magdalena; son pequeños en magnitud y de bajo tenor. A este grupo pertenecen los yacimientos de Michú y La Gallina.

Por las características físicas y químicas de los mármoles y calizas, se emplean en la obtención de cemento pórtland, cal agrícola, piedra de enchape, retal y granulado de mármol y harina o impalpable de caliza. No se encontraron calizas aptas para uso en la industria química.

“Sólo cuando termine la cartografía geológica regional en el departamento del Tolima, se podrá saber con buena aproximación, la magnitud de las reservas en mármoles y calizas” (Buitrago & Buenaventura, 1973, pp. 603-605).

La distribución de los conjuntos calcáreos por regiones, yacimientos y depósitos, facilita su presentación por áreas calcáreas.

Área calcárea 1702 Venadillo

En la figura 86 se indica, con los números 342, 352, 353, 354, 357, 356 y 359, la localización de los yacimientos del primer grupo: La Calera I, Piedra El Rey, El Palmar, La Palmilla, La Calera II, La Veta y Camelia allí ocurrentes. Pertenecen también a los municipios de Ibagué, San Juan del Valle y Roncesvalles. Los recursos de estos depósitos se definen como modestos, pequeños o dispersos y tienen un valor comercial mínimo.

Área calcárea 1703 San Luis-Rovira

La cercanía de los municipios de San Luis y Rovira a Ibagué y Valle de San Juan sugiere que se trata de los mismos yacimientos, pero no se presentan los depósitos de pequeña a moderada dimensión, o los de baja calidad. Todos pertenecen al segundo grupo:

Sector San Luis

En este municipio existen varios yacimientos interesantes por la cantidad y la calidad de sus reservas (figura 86). Se encuentran los yacimientos Arrayanes (343), Río Frío (344), El Secreto (345), La Paloma (346), Guacamayo (347) y Salamanca (355). Sus reservas se definen como “satisfactorias, grandes, de importante magnitud, e inmensas”. Su calidad es muy buena. Se destaca Guacamayo, donde “se calculaba una reserva superior a 100 millones de toneladas y donde se extraían 1.600 toneladas diarias para suministrar materia prima a Cementos Diamante. Esta materia prima tiene un contenido de CaCO_3 del 85% y del 10% en SiO_2 ” (Buitrago & Buenaventura, 1973, pp. 609 y 610).

Sector Michú-San Juan del Valle

Se reúnen aquí los depósitos de Michú (361), La María (360) y La Gallina (358). Son todos del tercer grupo, conformados por calizas cretácicas y de modestas dimensiones.

En esta área calcárea existen otras 17 minas activas, siete de las cuales producen 60.000 toneladas anuales; no se cuenta con información sobre las demás (Ingeominas, 1999j, pp. 179); se desconoce su potencial.

Regiones sur y oriental

Las regiones sur y oriental del departamento de Tolima cubren una extensión aproximada de 12.500 km²; presentan rocas calcáreas en 16 sitios diferentes, de los cuales uno es una mina activa, seis son prospectos y nueve son manifestaciones (figura 87). Las ocurrencias de caliza y mármol en esta región del departamento son abundantes y en general de pequeña magnitud. Sólo algunos depósitos tienen reservas considerables. Con excepción de la manifestación de Las Señoritas (537), que es un xenolito de mármol en rocas intrusivas, las demás ocurrencias de caliza y mármol se encuentran asociadas a rocas sedimentarias de edades triásica y cretácica.

Las calizas de la Formación Payandé, de edad triásica, están marmorizadas local o parcialmente por efecto de metamorfismo de contacto, y dan lugar a depósitos de mármol. El porcentaje de CaCO_3 en muestras ocasionales de la mayoría de las ocurrencias de caliza y mármol visitadas sugiere aptitud para la producción de cemento y cal agrícola, y solamente algunas podrían emplearse en la industria química (Buenaventura, 1976a, pp. 275-277).

Más adelante se aprecia la distribución de los conjuntos calcáreos de esta región (figura 87); se observan yacimientos y depósitos, por lo cual trazar una diferencia cartográfica entre ellos es una tarea ardua, que hace obligatorio acumular información de mina, prospectos y manifestaciones en una misma área y tratarlos como sectores.

Área calcárea 1704 Madroño

Mina Aico (525)

Se encuentra en cercanías de la carretera Chaparral-Coyaima y está conformada por grandes rodados de caliza lumaquéllica, parcialmente recristalizada, que afloran en medio de la vegetación y del suelo que enmascara la roca. El análisis químico indica una caliza pobre en CaCO_3 , por lo cual se utiliza como ornamentación.

Sector Caracolí (526)

Al lugar se llega por la carretera que conduce de Chaparral a Lemayá y luego por un camino; en el sitio se halla una caliza de la Formación Payandé, que aflora por gran extensión, lo que indica reservas considerables, de buena calidad, utilizables para cemento y cal agrícola con análisis químico del 90,98% en CaCO_3 , 0,23% en MgO , 4,88% en SiO_2 , 0,86% en Fe_2O_3 y 1,17% en Al_2O_3 .

Sector Madroño (527)

Se encuentra por la carretera que conduce de Chaparral a Las Señoritas. Se trata de un paquete de calizas fosilíferas de la Formación Payandé, de 350 metros de espesor; la calidad es buena, con 96,16% en contenido de CaCO_3 , sin contenido de MgO , contenido de 3,85% en SiO_2 , de 0,63% en Fe_2O_3 y de 0,02% en Al_2O_3 . Las reservas del yacimiento son considerables y es el sector más representativo de toda esta área calcárea.

Sector La Florida

Está situado en el municipio de Chaparral, sobre la carretera que conduce a Copete, en rocas pertenecientes a la Formación Payandé. El depósito es un paquete de calizas, mayor de 400 metros de espesor, continuación hacia el sur del observado en Madroño. Los análisis señalan un material con 93,98% de CaCO_3 , 0,03% de MgO , 2,10% de SiO_2 , 1,11% de Fe_2O_3 y 0,86% de Al_2O_3 . Esta calidad indica un material apto para la producción de cemento y cal agrícola. Las reservas son considerables.

Sector Copete El Pital (529)

La caliza se encuentra en el municipio de Ataco, cerca de El Pital, en la Formación Payandé, donde presenta un espesor de 600 metros. Aunque sea en forma apreciativa, se considera que este depósito puede contener reservas considerables. La calidad es buena, similar a la de los anteriores prospectos.

Sector El Bolsillo (530)

Se observa por la carretera que de El Cóndor conduce a Campo Hermoso. Es una sucesión de capas de caliza, posiblemente cretácicas, de 30 metros de espesor, con calidad similar a las anteriores; el contenido de CaCO_3 es de 90,83%, el de MgO de 1,93%, el contenido de SiO_2 de 2,03%, el de Fe_2O_3 de 1,14% y el contenido de Al_2O_3 de 1,29%. El óxido de magnesio es muy alto para que esta caliza se use en la producción de cemento.

Sector Maquencal (531)

Está ubicado en el municipio de Planadas. Se accede al lugar por la carretera que conduce de Planadas a Santiago Pérez, y luego por camino de herradura. Discordante sobre un intrusivo, descansa una sucesión sedimentaria triásica, con un conjunto calcáreo de aproximadamente 50 metros de espesor. Las reservas del depósito son considerables. Los análisis químicos indican que las calizas pueden ser aptas para la producción de cemento y de cal agrícola.

En conclusión, existen cinco sectores con caliza que pertenecen a la Formación Payandé, con espesores comprendidos entre 350, 400 y 600 metros, con calidad de roca apta para la producción de cemento y de cal agrícola, así como con perspectivas de ofrecer reservas considerables. El sexto y la mina Aico son menos atractivos pero interesantes también.

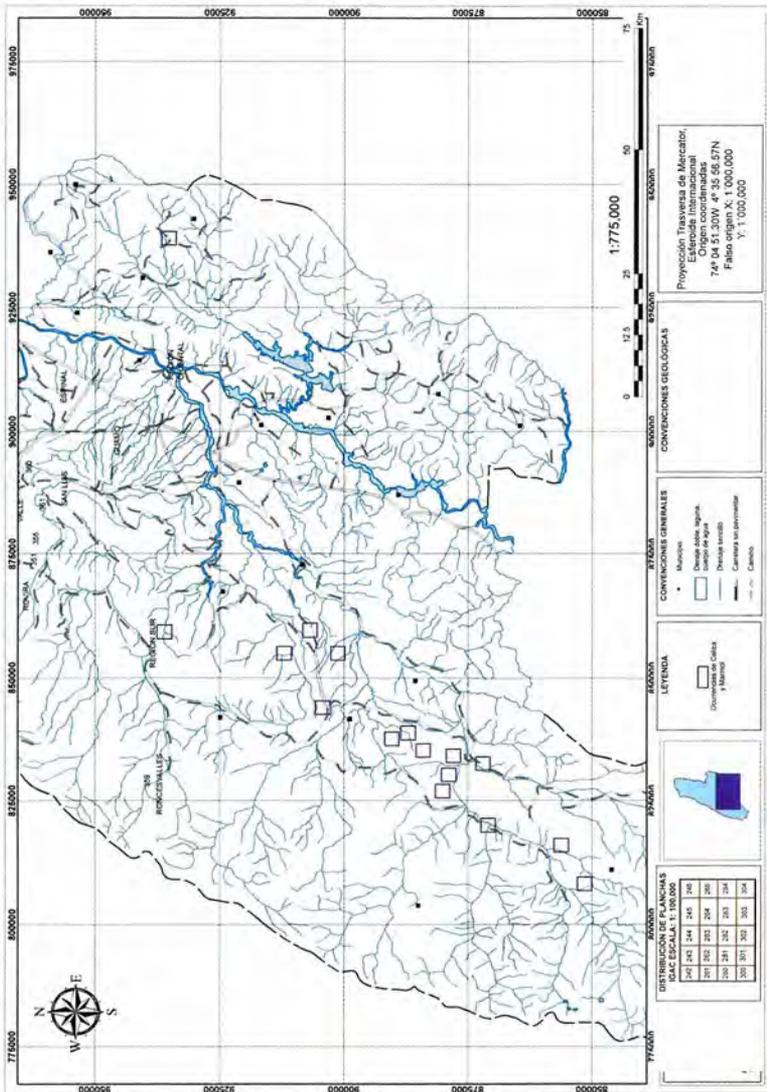


Figura 87. Regiones sur y oriental del departamento de Tolima con depósitos y yacimientos de caliza y mármol.

Fuente: Buenaventura, 1975.

Área calcárea 1705 Guacharacal-Providencia

Se trata de siete manifestaciones de caliza, localizadas en cercanías de los prospectos antes mencionados (figura 87). Casi todos corresponden a calizas cretácicas, con pocas reservas y sin importancia económica, excepto

Estambul (534), el cual tiene un espesor de 40 metros pero alto contenido de magnesio. La manifestación del Guavio no es de caliza.

Junto con esta región se considera la parte oriental, donde se encuentra una manifestación de caliza llamada La Ruidosa (583), de edad cretácica, sin importancia económica.

Potencial y perspectivas

Para fines de búsqueda, exploración y evaluación de depósitos y yacimientos de minerales y rocas de interés económico, el departamento del Tolima se subdividió en cuatro regiones: norte, central, sur y oriente. En lo que se refiere a calizas y mármoles, los mejores potenciales y las más alentadoras perspectivas corresponden a las regiones central y sur.

En la región central, dentro del segundo grupo de conjuntos calcáreos, las calizas y los mármoles de la Formación Payandé constituyen las mayores reservas del Tolima. Las características físicas y químicas del material calcáreo del sector San Luis del área calcárea 1703 lo hacen apto para producción de cemento pórtland, cal agrícola, piedra de enchape, retal y granulado de mármol y harina o impalpable de caliza. Entre los yacimientos sobresale Guacamayo, con cien millones de toneladas de reservas, en explotación durante el año 1976 por parte de Cementos Diamante, con una producción de 1600 toneladas diarias.

Entre los prospectos de la región sur hay paquetes de calizas y mármoles con espesores de 350, 400 y hasta 600 metros, que pueden entregar grandes acumulaciones de material calcáreo. Son sectores de óptimas perspectivas, pero se desconocen cifras sobre su potencial.

Zona calcárea 18 Valle del Cauca

La zona calcárea 18 corresponde al departamento del Valle del Cauca, localizado al suroccidente del país (figura 20, zona 18).

Localización, extensión y vías de acceso

El departamento del Valle del Cauca se localiza al suroccidente del país. Limita al norte con los departamentos de Chocó y Risaralda, al oriente con los departamentos de Quindío y Tolima, al sur con el departamento de Cauca y por el occidente con el océano Pacífico (figura 88); tiene una extensión de 22.140 km².

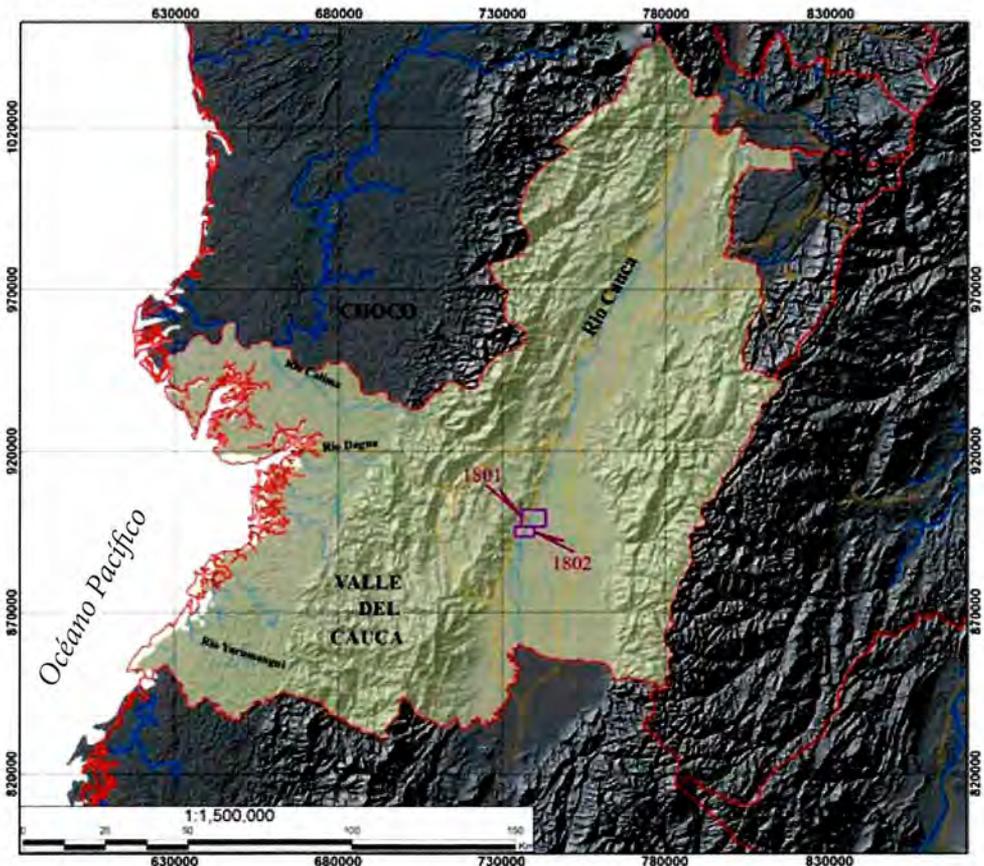
El departamento centra su sistema vial en el eje norte-sur, que forma parte de la carretera Panamericana y recorre el área plana de su territorio con

bifurcaciones hacia Buenaventura, en el litoral pacífico; todos los municipios se comunican entre sí con Cali, la capital, y las principales ciudades del país.

Buenaventura es el puerto colombiano más importante sobre el océano Pacífico, hasta donde llegan embarcaciones de gran calado; el río Cauca permite la navegación de pequeñas embarcaciones, pero se utiliza poco.

Aspectos físicos

En el paisaje del departamento se identifican cuatro conjuntos geomórficos: llanura costera del Pacífico, cordillera Occidental, valle del río Cauca y cordillera Central.



CONVENCIONES Vías Ríos Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 88. Localización de la zona calcárea 18 Valle del Cauca.

La llanura costera del Pacífico comprende tanto la faja costera como el lomerío que se extiende hasta las estribaciones de la cordillera Occidental.

La cordillera Occidental se extiende en sentido suroeste-noreste desde el cerro Naya hasta el cerro Tatama; entre sus accidentes más destacados están los Farallones de Cali (4200 metros) y la serranía de los Paraguas (2000 metros).

El valle del río Cauca tiene 200 kilómetros de longitud, ancho promedio de 15 kilómetros y suave pendiente.

La cordillera Central, más alta que la occidental, atraviesa de sur a norte todo el costado oriental del departamento. Aquí se destacan los páramos de Chinche (3800 metros), Las Hermosas (3600 metros), Miraflores (3600 metros) y Barragán (3800 metros).

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Valle del Cauca tiene una población de 4.161.425 habitantes, distribuidos en 41 municipios, y su capital es Cali.

Por la topografía del departamento, éste se encuentra en el piso térmico templado (52,4%), en piso térmico cálido (25,1%), frío (15,1%) y muy frío a extremadamente frío (7,4%).

El 50% de la población goza de cobertura de acueducto, el 89,7% de alcantarillado, el 97,8% de energía eléctrica, el 64,9% de telefonía fija y el 44,3% de gas natural.

En el departamento hay muchos sitios turísticos y culturales, como el Museo del Oro Calima, el Museo Arqueológico, la iglesia de San Antonio (monumento nacional), la Casa de Hacienda y Piedragrande (monumentos nacionales), y sitios naturales como el Parque Nacional Natural de los Farallones de Cali (Igac, 2008, pp. 657-659).

Ambiente de depósito

Nivia (2001) encuadra estas áreas con caliza dentro de un esquema que reconstruye el ambiente geológico donde se depositaron. Según este autor, hay “depósitos formados durante el relleno sedimentario de cuencas continentales. En el departamento del Valle ha ocurrido, durante el Cenozoico, acumulación sedimentaria de origen continental en dos cuencas principales: en el GICP y en la llanura costera del Pacífico. En éstas se registra la evolución de los ambientes de depósito desde marinos some-

ros, a través de transicionales marino continentales, hasta continentales, como consecuencia del levantamiento de la cordillera de los Andes”.

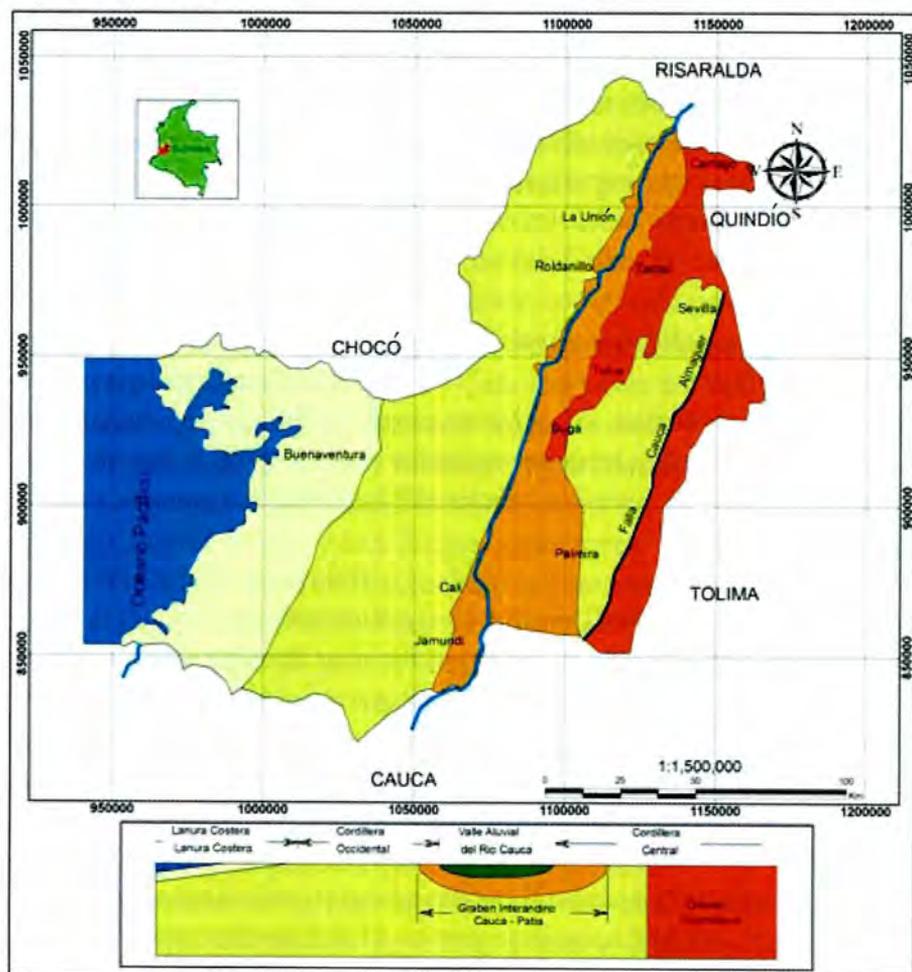
La exposición de Nivia (2001), referente al ambiente de depósito, continúa: “La formación de yacimientos minerales proviene directamente de la acumulación, como rocas, de materiales de importancia económica, tales como carbón, caliza o diatomita; de su enriquecimiento en cantidades económicamente explotables durante procesos sedimentarios, tales como en la formación de placeres, o de su concentración durante procesos de lixiviación o enriquecimiento supergénico promovidos por la meteorización química de rocas preexistentes, como en el caso de la formación de bauxitas y lateritas. Los niveles calcáreos de la Formación Vijes son fuente importante para la producción de cemento y cal agrícola. En esta unidad se calculan reservas de aproximadamente cien millones de toneladas. Los principales frentes de explotación se presentan en Las Guacas, El Jagual, El Portachuelo, Mulaló y San Marcos, en los municipios de Vijes y Yumbo. En Mulaló (IDP de Yumbo), asociados a las rocas calcáreas de la Formación Vijes, se han reportado también manifestaciones de yeso (variedad alabastro) y de travertino (Nivia, 2001, pp. 119-120)”. Para ilustrar esta idea, se presenta la figura 2 del mencionado texto (figura 89).

Para referenciar las áreas calcáreas del departamento del Valle del Cauca, facilitar el entendimiento del potencial minero, correlacionar las ocurrencias de la roca calcárea con la geología del área y así poder agilizar la presentación de sus recursos, se consultaron varios trabajos, principalmente los provenientes del Servicio Geológico Colombiano y de Geominas Ltda.

Entre los trabajos mencionados se encuentra el informe de Tenjo & Leiva (1967, resumen) en el cual se hace una investigación geológica en 100 km² del área de Vijes sobre las estribaciones orientales de la cordillera Occidental, con el fin de evaluar los yacimientos de caliza existentes; el informe, denominado “Las cales del departamento del Cauca”, corresponde al estudio geológico minero que “abarca un área de 45,9 km², localizada entre los municipios de Vijes y de Yumbo (figura 90). Esa investigación formaba parte de un proyecto que, como el anterior, el departamento tenía para promover el montaje de una planta de cal que incidiría en el desarrollo agrícola e industrial de esa región” (Geominas,

1976, p. 1), proyecto que luego se amplió para producir cemento (Nivia, 2001, p. 120).

Las rocas que acompañan las calizas son constantes porque el yacimiento es pequeño y tiene por tanto, junto con las unidades de base y techo, una posición estratigráfica y cronoestratigráfica precisa y una composición única.



CONVENCIONES: — Vías — Ríos — Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1 000 000, Y: 1 000 000

Figura 89. Distribución de las provincias corticales propuestas para la descripción geológica del departamento del Valle.

Fuente: Nivia, 2001.

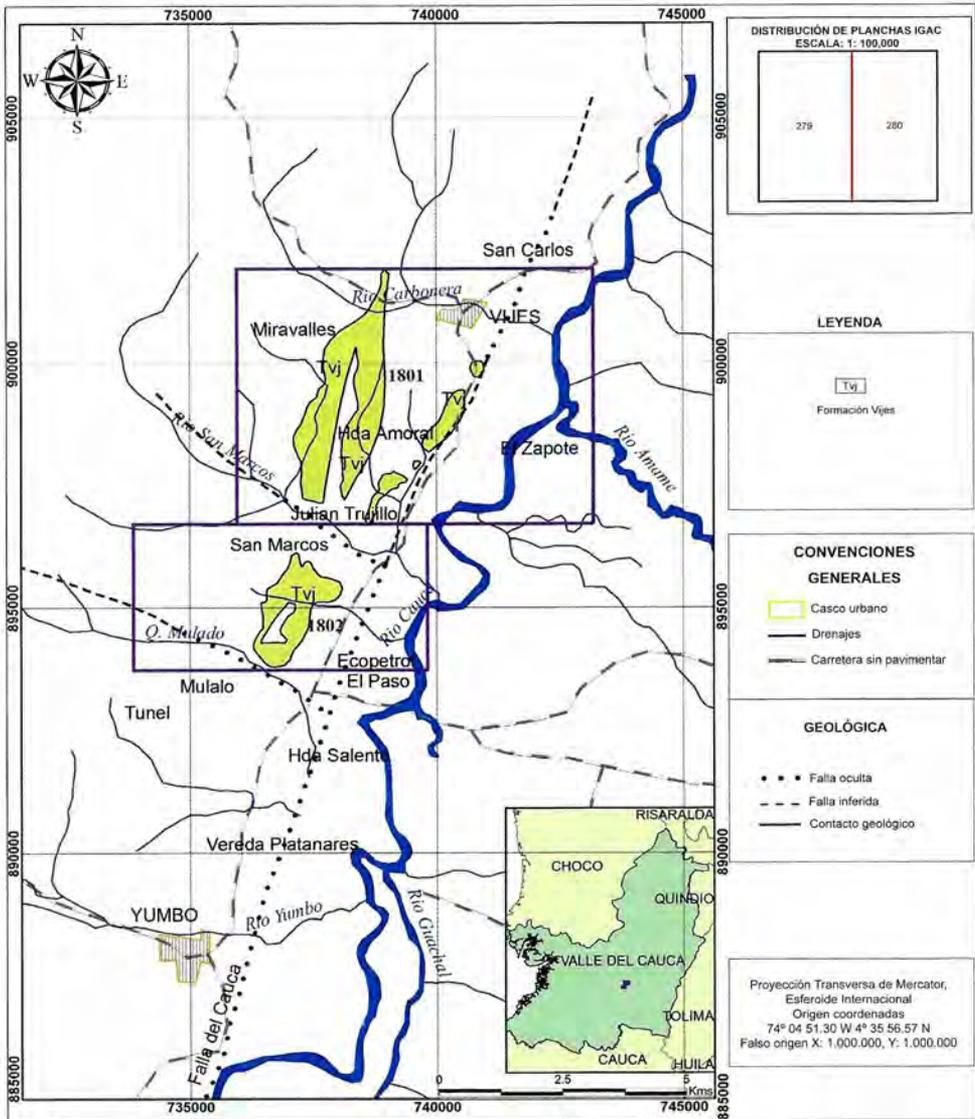


Figura 90. Localización del área calcárea de Vijeis, en el Valle del Cauca.

Fuente: Ingeominas.

El Grupo Diabásico es un conjunto de rocas basálticas con sedimentos lutíticos y liditas intercaladas, al cual se le ha asignado una edad cretácica superior y constituye el basamento sobre el cual reposa discordantemente la Formación Vijeis.

Áreas calcáreas

Diversos investigadores han definido la Formación Vijes como de edad oligocénica y como la parte basal marina del Grupo Cauca, entre Yumbo y Vijes. Está constituida por varios bancos de calizas interestratificadas, con calcarenitas y con arenitas arcillosas, en sucesión monótona. De acuerdo con la columna estratigráfica levantada en los alrededores de Peñalisa, esta formación tiene un espesor de 250 metros, con cinco bancos de caliza interestratificados, del tipo “bancos bioestromales de manto” (figura 91).

La unidad aflora en tres áreas: 1) Peñalisa-Guacas-El Jagual; 2) La Llanada; 3) Hildoluma-El Portachuelo-San Isidro. En total, se conocen cinco bancos de caliza cuyos espesores oscilan entre 3 y 34 metros; para su identificación, se utiliza la nomenclatura de letras A, B, C, D y E, donde el manto inferior E es el de mayor potencia. Las calizas son ricas en fósiles, lo que ha permitido su datación.

Para la exposición de las áreas calcáreas se sigue la subdivisión de Tenjo (1967), referida a dos yacimientos muy importantes, que ocurren al suroeste y sureste de la población de Vijes, denominados Las Guacas y Portachuelo.

Área calcárea 1801 Las Guacas

El área calcárea 1801 corresponde a la localidad de Las Guacas, localizada en el filo más occidental, que se dirige de sur a norte entre el río San Marcos, en cercanías de la desembocadura de las quebradas Peñalisa y Salado, y el límite norte de los afloramientos de la Formación Vijes, después del cruce de la quebrada Potrerito. Por ese filo se extienden los yacimientos denominados Peñalisa-Las Guacas-Jagual, con reservas probables de seis millones de toneladas, de las cuales 1780 millones son comprobadas, es decir, aprovechables para explotarlas a cielo abierto (Tenjo & Leiva, 1967, pp. 12-18).

Las calizas son buenas a la vista; en el trabajo de Geominas (1976, p. 4) sobre estos yacimientos y los circundantes, se hace referencia a un informe de Suescún (1958), resultado de la evaluación de calizas propiedad de Cementos del Valle, entre los ríos Mulaló y San Marcos. Allí se comprobó un potencial de 70 millones de toneladas, 41 millones de las cuales tienen más del 75% de carbonatos totales.

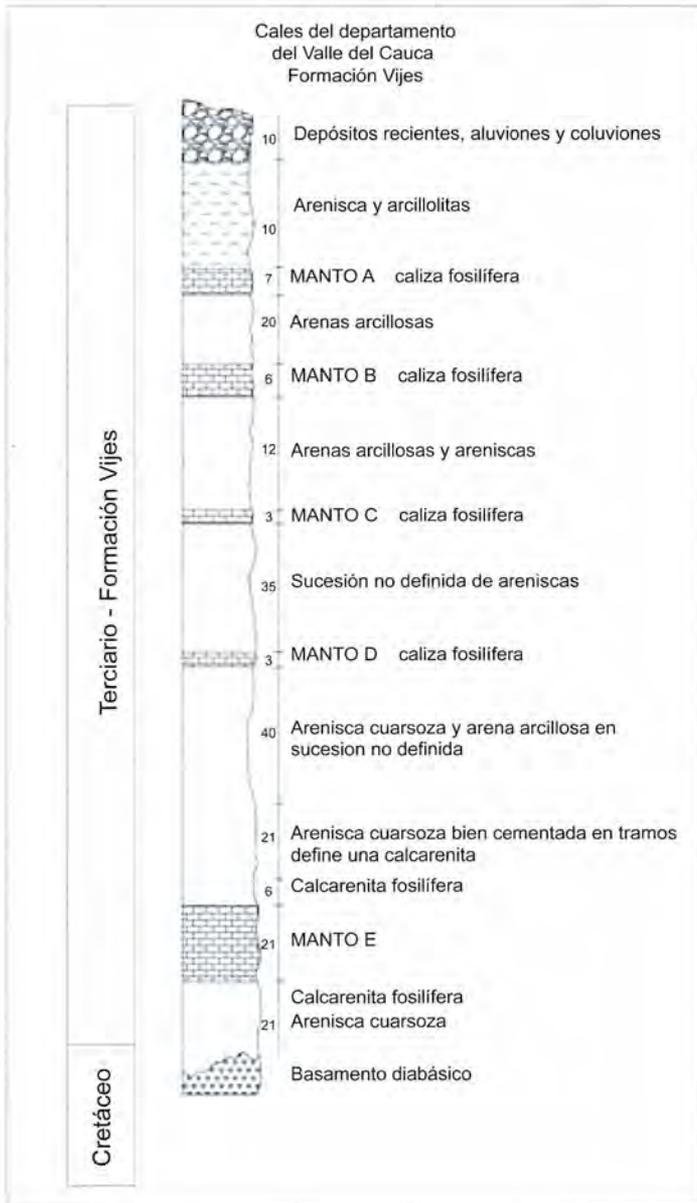


Figura 91. Columna estratigráfica de la Formación Vije.

Fuente: Geominas, 1976.

Se reportan prospectos en Cartago y en Roldanillo, en el kilómetro cinco de la carretera La Unión-Versalles, dentro de la Formación Espinal (Ke).

Área calcárea 1802 La Llanada

El área calcárea 1802 corresponde al yacimiento de La Llanada, localizado en el filo central, de sur a norte, y más al oriente, en el filo de San Marcos-San Isidro.

En el filo central se distinguen cinco mantos, entre los cuales el manto E, con un espesor entre 17 y 34 metros, es el más susceptible de ser explotado a cielo abierto.

En el filo San Marcos-San Isidro se reconocen las localidades de Hildoluma y de Aromal. En este sector, nombrado por Geominas Hildoluma-Aromal-Portachuelo, se calculan reservas de 3.300.000 toneladas probables. En Portachuelo, el contenido en CaO parece ser superior a 45%.

En el sector Aromal se halla una caliza de alta calidad (es decir, con un contenido en CaCO_3 superior al 90%), con espesor variable entre 15 y 40 metros, y una relación de descapote de 1:0,5 t/m³ hasta la cota 1010, por encima de la cual se probaron 6,8 millones de toneladas (Geominas, 1977a, p. 14).

Otras áreas calcáreas

Se refieren a ocurrencias de mármoles en la unidad llamada Neises de Davies (PEnd) y en el Grupo Cajamarca (Pzc). Este último dato puede volverse interesante para el hallazgo de mármol económico, porque se trata de dos intercalaciones de mármol de diez metros de espesor cada una, localizadas al sureste del departamento. Hace falta estudiarlos, ya que los datos proporcionados son muy iniciales (Nivia et al., 2001, pp. 17-20).

Potencial y perspectivas

Para fines de búsqueda, exploración y evaluación de depósitos y yacimientos de minerales y rocas de interés económico, las calizas del departamento del Valle del Cauca se subdividen en varios sectores y se reúnen aquí en áreas calcáreas.

En 1976 se efectuó un primer trabajo de Ingeominas, con la autoría de Tenjo & Leiva, en el que se calculó un total de seis millones de toneladas en el área más oriental (Las Guacas). Casi de inmediato, en otro trabajo a cargo de Geominas (1976-1977), se calcularon 6,8 millones de toneladas de caliza de buena calidad en los filos central y oriental. Pero la información más importante sobre reservas se obtiene de Geominas, que relata la ocurrencia de 70

millones de toneladas en el filo más occidental, al sur del río San Marcos, hasta el río Mulaló, mediante un trabajo realizado por Suescún para Cementos del Valle, empresa que desde entonces extraen de allí esa materia prima, mediante sistema a tajo abierto.

Zona calcárea 19 Cauca

La zona calcárea 19 corresponde al departamento de Cauca, localizado al suroccidente de Colombia (figura 20, zona 19), entre las regiones andina y pacífica.

Localización, extensión y vías de acceso

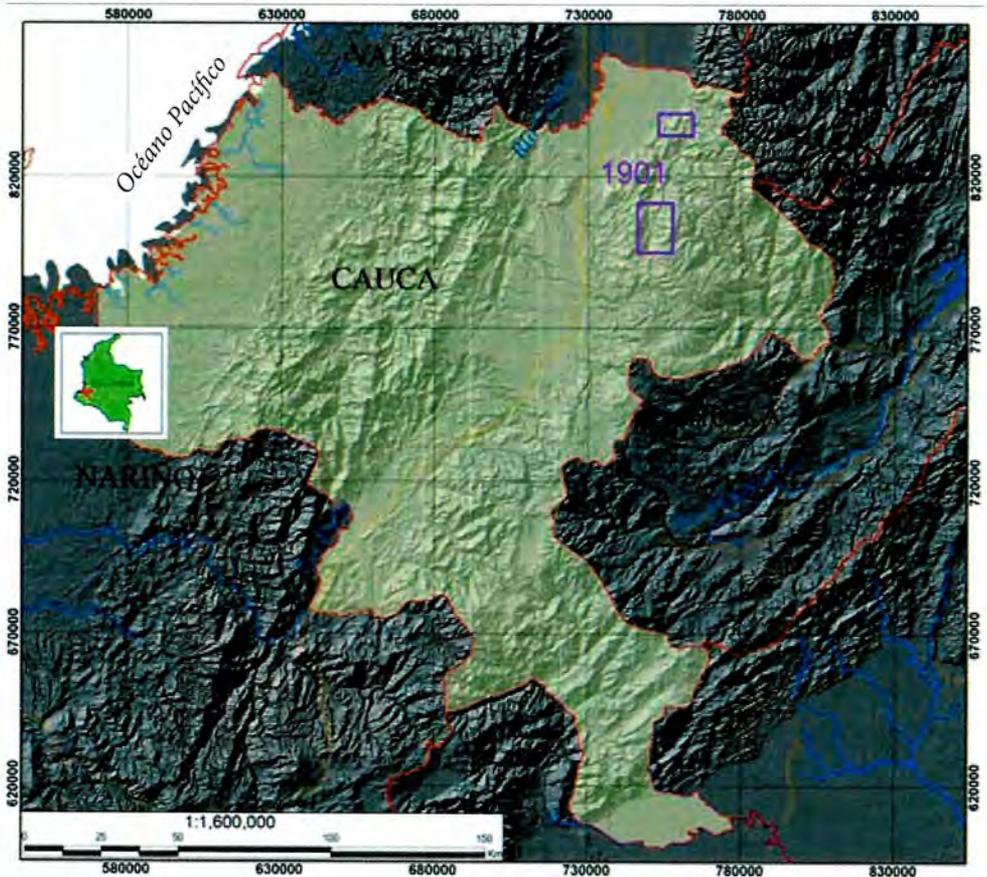
El departamento se localiza al suroccidente del país. Limita al norte con el Valle del Cauca, al oriente con los departamentos de Tolima, Huila y Caquetá, al sur con los departamentos de Nariño y Putumayo, y al occidente con el océano Pacífico (figura 92); tiene una superficie que alcanza los 29.308 km².

La carretera Panamericana atraviesa el departamento de norte a sur y lo comunica con el Valle del Cauca y Nariño, en tanto que la carretera Popayán-La Plata lo conecta con el departamento del Huila. La mayor parte de los municipios están comunicados entre sí y con Popayán, su capital, que a la vez se conecta con las principales ciudades del país.

Aspectos físicos

En el paisaje del departamento, contrastante y diverso, se delimitan siete grandes conjuntos geomórficos:

- La llanura costera, cálida, húmeda, boscosa; el sector de la faja costera es inundable y anegadizo.
- La cordillera Occidental es húmeda y tiene diferentes pisos térmicos.
- La cordillera Central es húmeda y consta de varios pisos térmicos. Es más alta que la Occidental y entre sus accidentes geográficos se destaca el Nevado del Ruiz (5631 msnm).
- El altiplano de Popayán, en medio de las dos cordilleras anteriores, es el eje central del departamento; el clima es templado y semihúmedo.
- El Macizo Colombiano o Nudo de Almaguer es el lugar donde se bifurca la cordillera de los Andes y donde nacen los ríos más importantes de Colombia: Magdalena, Cauca, Caquetá y Patía.
- La fosa del río Patía, un valle interandino profundamente encajonado.



CONVENCIONES — Vías — Ríos □ Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000, Y: 1.000.000

Figura 92. Localización de la zona calcárea 19 Cauca y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

Ambiente de depósito

La comprensión de la presencia de rocas calcáreas en la parte noreste del departamento de Cauca se facilita mediante el conocimiento previo de algunos conceptos geológicos, relativos a áreas específicas del departamento.

Estos conocimientos se refieren a la evolución estratigráfica y tectónica de la corteza continental y de los depósitos marinos que se emplazaron en el Neoproterozoico tardío o en el Paleozoico inferior, en las regiones que actual-

mente pertenecen a la cordillera Central y que se enmarcan sólo con referencia al intervalo de tiempo relacionado con las calizas del departamento.

París & Martín (1979, p. 31, figura 7) mencionan: “Los rasgos geológicos fundamentales, determinantes de la conformación natural del departamento del Cauca, son las rocas de afinidad continental correspondientes a las metamorfitas paleozoicas y precámbricas de la cordillera Central y las rocas oceánicas básicas y sedimentarias del Cretáceo, situadas al oeste de dicha cordillera y separadas entre sí por una de las fallas del sistema fundamental de Romeral. Superpuestas a estas dos unidades fundamentales se presentan el magmatismo y vulcanismo mesozoico y cenozoico y el desarrollo de las cuencas de molasa terciaria. En este desarrollo tectónico y magmático ha intervenido la actividad de dos zonas de subducción, de las cuales la más antigua y oriental está enmascarada por los procesos de acreción continental y cuyo *trench* ocupó la margen occidental de la cordillera Central” (figuras 7, 8 y 9) (figura 93). La segunda es el resultado del salto hacia el oeste de la primera zona, y cuyo *trench*, actualmente en actividad, se encuentra situado debajo de la planicie costera del Pacífico (Meissner et al., 1976).

Las rocas de la antigua corteza continental corresponden hoy en día a las metamorfitas paleozoicas del Grupo Cajamarca y a neises y esquistos precámbricos de la cordillera Central y Centro-Oriental, en el departamento del Cauca. Las rocas premetamórficas del Grupo Cajamarca se depositaron sobre este basamento precámbrico, posiblemente dentro de un ambiente de pendiente continental.

El desarrollo de una antigua zona de subducción, con movimiento hacia el este, situada al occidente de la cordillera Central a lo largo de una margen de tipo andino (Sillitoe, 1978), posiblemente originó gran parte del plegamiento y posterior metamorfismo del Grupo Cajamarca y el magmatismo y vulcanismo calco-alcalino, triásico-jurásico, presentes en dicha cordillera. “El plutonismo se extendió hasta el Cretáceo, periodo durante el cual también se desarrolló un vulcanismo básico y sedimentación turbidítica durante el Cretáceo inferior, en el lado continental del antiguo *trench*. Estas rocas en la actualidad se presentan como parches aislados, falladas y asociadas al Grupo Cajamarca, y localmente deformadas por las fallas del sistema Romeral”.

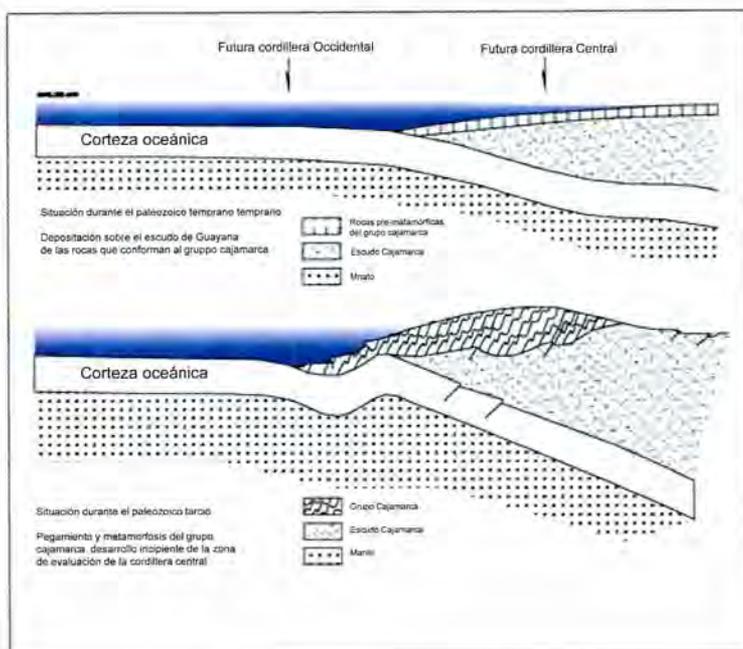


Figura 93. Evolución geológica del departamento del Cauca.

Fuente: París & Martín, 1979, figura 7.

Áreas calcáreas

Para facilitar el entendimiento del potencial minero del Cauca, establecer la posición estratigráfica de las rocas calcáreas y simplificar la presentación de los recursos, se examinaron los trabajos del Ingeominas, referentes al mapa y la memoria explicativa sobre la geología del departamento del Cauca, con la autoría de París y Martín (1979), y en calizas se recurre principalmente al trabajo de Rosas (1975), el cual fue motivado por la búsqueda de material para el montaje de una planta de cal agrícola por parte del departamento.

París & Martín (1979, pp. 4-6) afirman que la actual topografía del departamento es el resultado del levantamiento de la cadena andina que bordea la parte occidental de Suramérica y que a lo largo de ésta se presenta una historia geológica compleja, debido a la superposición de eventos metamórficos, magmáticos, sedimentarios y tectónicos. Entre todos los rasgos geológicos notables, hay dos que determinaron la constitución del departamento: un conjunto de rocas siálicas (paleozoicas y precámbricas), representadas por las

metamorfitas de la cordillera Central, y un complejo de rocas de naturaleza simática, constituidas por toleitas oceánicas, cretáceas, ubicadas al occidente de aquéllas.

En resumen, la cordillera Central en el departamento está integrada por varios grupos de rocas metamórficas, como neises y rocas afines, de edad precámbrica, y por rocas metamórficas de edad paleozoica, correlacionables con rocas del Grupo Cajamarca (Pzm).

Este grupo de rocas está conformado por esquistos cloríticos-actinolíticos, esquistos carbonáceos, esquistos cuarzosericíticos, esquistos sericíticos, cuarcitas macizas y foliadas y, en menor proporción, por esquistos alumínicos.

En referencia a la ocurrencia de minerales, en el informe de París & Martín (1979), únicamente en la parte de recursos minerales del Cauca, mencionan “la presencia de una notable variedad de ocurrencias minerales”, aunque reafirman que “la gran mayoría de ellas no son en la actualidad de rendimiento económico. Entre los minerales no metálicos se explotan principalmente carbón, azufre, caliza, caolín y bauxita”. “La caliza cristalina o mármol se presenta en los sectores de Pitayó, Jambaló y Corinto (figura 94), en el noreste del departamento (Rosas, 1975), asociado a las rocas metamórficas de la cordillera Central. Estas calizas se explotan ocasionalmente y en menor escala”. La anterior es la única cita de París & Martín (1979, pp. 29-30) sobre la ocurrencia de roca calcárea en el Cauca.

Anteriormente, Hubach (1951) realizó un primer trabajo sobre todas las calizas en Colombia, gracias al auspicio del Ministerio de Agricultura, interesado en tener una apreciación general sobre las posibilidades de abastecimiento de esa roca para las distintas regiones del país. En efecto, se sugiere estudiar los yacimientos convenientes con respecto a los intereses agrícolas, instalación y clases de fábricas, vías, costos de producción y transporte, y áreas de distribución, e iniciar por la forma en que hay que administrar las calizas a los suelos. Por lo general, vista la constitución arcillosa y ácida de los suelos, lo indicado era echarles cal viva o apagada, según la disponibilidad de combustible.

Entre los yacimientos más importantes del Cauca, Hubach (1951, pp. 15-16) considera los de Pitayó, Bolívar y San Joaquín, río Saija y otros yacimientos menores.

Pitayó, por ejemplo, poseía 30 millones de toneladas de recursos, razón por la cual era merecedor de una atención preferente debido a la escasez de

yacimientos mayores en el occidente entre Bolívar y San Joaquín hay un manto de dolomita, de diez metros de espesor, que puede servir como cal agrícola.

En el río Saija se exploró una faja de calizas que puede extenderse hacia el suroeste. En ese momento no había cómo transportar las calizas, pero para el futuro eran importantes para abastecer las costas de Nariño, Cauca y Valle del Cauca.

Otros yacimientos son pequeños y no sirven para el fin deseado.

Rosas (1975) relata que en el norte del departamento, dentro del municipio de Corinto, a ocho kilómetros al noreste del caserío Negro, entre los ríos Negro y Güengüe, se ha observado un depósito de 400 metros de longitud, compuesto por caliza interestratificada en esquistos sercíticos. Se trata de las calizas de Corinto (figura 94).

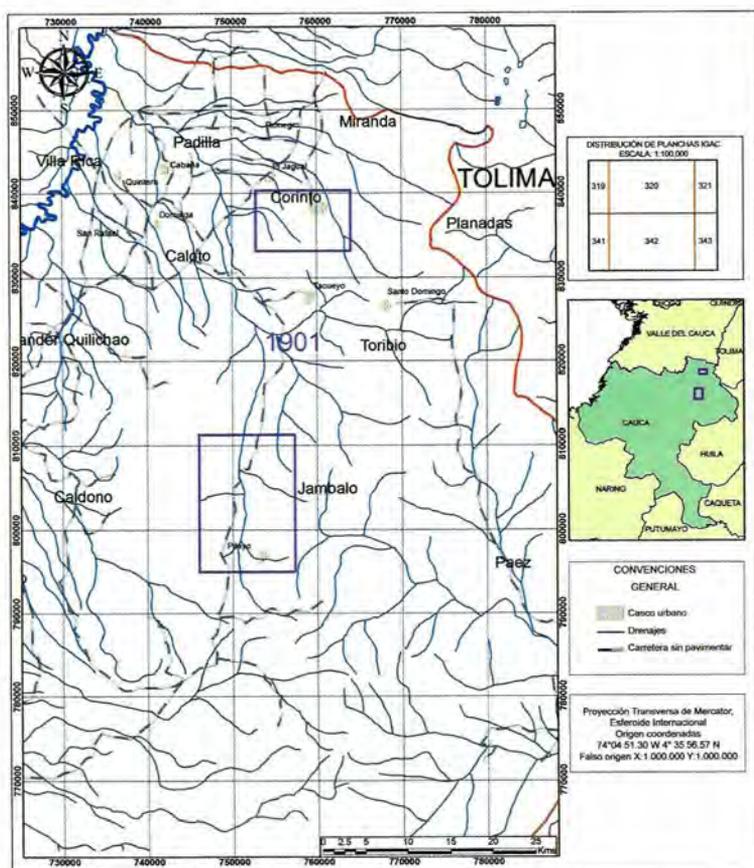


Figura 94. Zona calcárea 19 Cauca con lugares señalados por la presencia de calizas.

Fuente: Geominas.

Área calcárea 1901 Pitayó

A esta área calcárea 1901 se llega por la carretera Piendamó-Silvia-Jambaló (figura 91), desde Popayán o desde Cali.

Las calizas allí presentes pertenecen al Grupo Cajamarca y ocurren en dos niveles; los análisis químicos de las muestras recogidas refieren porcentajes de CaCO_3 comprendidos entre 89,82 y 97,98% y porcentajes de MgCO_3 que oscilan entre 0,00 y 3,81%.

El potencial calculado para esta caliza refiere 2,1 millones de toneladas, de las cuales 0,8 millones son explotables a cielo abierto. El autor considera que esta caliza es apta para la producción de cal agrícola y de cemento (Rosas, 1975, pp. 20, 40, 59, 63).

Potencial y perspectivas

La información sobre la cantidad de caliza en este departamento es muy escasa; los datos provienen de Hubach (1951), el cual menciona cerca de 30 millones de toneladas en Pitayó, pero no ha sido respaldado por observadores posteriores, lo cual reduce su grado de certeza. De otra manera, Rosas (1975) asegura la existencia de recursos, bastante menores, en una cifra cercana a 2,1 millones de toneladas.

En la literatura se encuentran citados otros lugares, pero se necesita efectuar trabajos que confirmen la ocurrencia de cantidades interesantes de este material.

Zona calcárea 20 Huila

La zona calcárea 20 corresponde al departamento de Huila, ubicado en la parte sur de la región andina, al suroccidente del país (figura 20, zona 20).

Localización, extensión y vías de comunicación

El departamento de Huila se localiza en la región centrooccidental del país. Limita al norte con los departamentos de Tolima y Cundinamarca, al oriente con los departamentos de Meta y Caquetá, al sur con Caquetá y Cauca, y al occidente con Cauca y Tolima; tiene una extensión territorial de 19.890 km².

El Huila cuenta con buena infraestructura vial; la carretera Troncal atraviesa el territorio y lo comunica con el departamento de Caquetá.

Todos los municipios se conectan entre sí por carretera y con Neiva, su capital, la cual a su vez se conecta con las principales ciudades del país.

Posee comunicación fluvial por el río Magdalena, mediante la navegación de pequeñas embarcaciones; sus principales puertos son Neiva y Aipe.

Aspectos físicos

El departamento de Huila presenta paisaje andino y se distinguen cuatro conjuntos geomórficos: Macizo Colombiano, cordillera Central, cordillera Oriental y valle del Alto Magdalena.

El Macizo Colombiano está formado por distintos pisos térmicos, y un régimen de humedad principalmente húmedo mantiene una importante asociación de pastos, cultivos y relictos de bosques.

La cordillera Central tiene diferentes pisos térmicos y un régimen de humedad semihúmedo en las partes bajas y húmedos en las partes altas. Mantiene una asociación de pastos, rastrojos y relictos de bosques. Entre los accidentes más destacados está el volcán Nevado del Huila (5310 metros).

La cordillera Oriental posee diversos pisos térmicos y un régimen de humedad semiárido en las partes bajas, semihúmedo en las partes medias y húmedo en las altas. Entre sus accidentes más relevantes está el páramo de las Oseras (3830 metros).

El valle del Alto Magdalena, tiene clima cálido semihúmedo, al sur y semiárido, al norte.

Aspectos ambientales y sociales

El departamento de Huila (19.890 km²) cuenta con 1.011.418 habitantes, distribuidos en 37 municipios, y la ciudad de Neiva es su capital. Sus principales ríos son Magdalena, Páez y La Plata. Se encuentra en los pisos térmicos templado (39,6%), frío (32,5%), cálido (18,4%), frío a extremadamente frío (9,4%) y nival (0,1%).

En referencia a cobertura de servicios públicos, el 80,8% de los habitantes cuenta con servicio de acueducto, el 67,3% con servicio de alcantarillado, el 92% con servicio de energía eléctrica, el 40,1% con servicio de telefonía fija y el 40,3% con servicio de gas natural. Los principales

sitios turísticos son el Museo Arqueológico del Huila, el Parque Arqueológico de San Agustín y el Parque Natural Nevado del Huila.

Áreas calcáreas

En lo que respecta a las áreas calcáreas del Huila y para poder dar una visión, inicial y resumida, de las explotaciones y potencialidades calcáreas y marmóreas del departamento, sin despreciar el indispensable conocimiento cultural de la geología general, se recurre a los trabajos de Ingeominas realizados durante los años 2000 y 2001, y trabajos anteriores de carácter evaluativo sobre algunos yacimientos (1964, 1965 y 1967).

La geología general del Huila, presentada como recopilación de información secundaria (Ingeominas, 2000c), refiere varias unidades lito y cronoestratigráficas contenedoras de rocas calcáreas, así como también listas de explotaciones en actividad. Se determina y verifica la cantidad y estado de la actividad minera en el departamento, y se complementa con información derivada de los trabajos geológicos de los años sesenta, los cuales se enfocaron en la evaluación de recursos y calidad de los yacimientos.

La pertenencia de estas rocas calcáreas a conjuntos, cuya posición estratigráfica y cronoestratigráfica es muy variada, trae como consecuencia que el material explotado tenga también características de variada naturaleza, con cambios en el color, espesor, calidad, explotabilidad y uso de la roca.

Así, en el Macizo de Garzón, dentro de granulitas y migmatitas precámbricas, se intercalan afloramientos aislados de calizas cristalinas, mientras que en la cordillera Central, en forma de paquetes, se hallan mármoles con extensión y distribución irregular del tipo peñolitos o “techos pendientes”, asociados a intrusivos graníticos. Las mejores exposiciones (figura 95) se encuentran en el noroccidente del departamento, especialmente en Teruel, Palermo, Santa María, Aleluya y San Luis (Ingeominas, 2000c, p. 34).

Las rocas paleozoicas del departamento se agruparon en dos conjuntos: rocas metamórficas y rocas sedimentarias. En el Grupo Cajamarca, de esquistos cuarzosericíticos, grafitosos, micáceos y con ocasionales cuarcitas, no se describen rocas calcáreas, mientras que en los conjuntos sedimentarios se encuentran calizas y margas dentro de sucesiones de arenitas, lutitas y arcillolitas. Las zonas de mayor exposición se hallan (figura 96)

en los municipios de Colombia, Hobo, La Jagua, Cerro Neiva, en cercanías de Pitalito y del Agrado (Ingeominas, 2000c, p. 36).

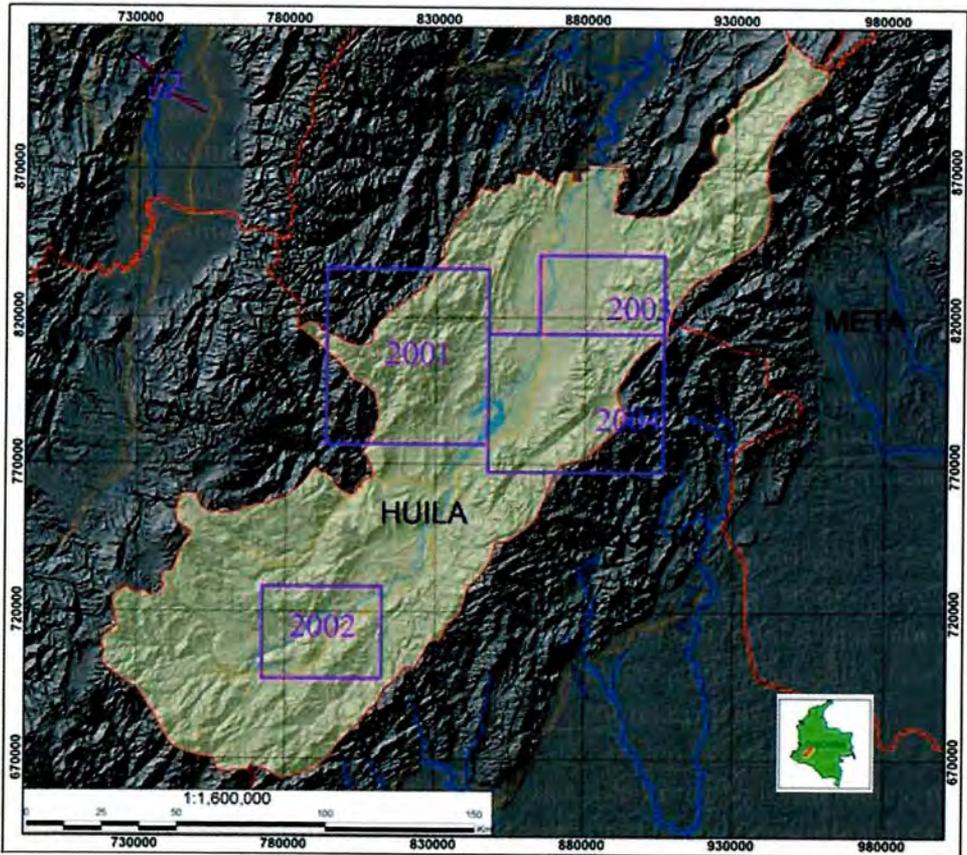
En rocas sedimentarias del Cretácico inferior, en las formaciones Caballos y Villeta (luego subdividida en las formaciones Hondita y Loma Gorda), ocurren locales secuencias calcáreas interestratificadas con lodolitas y arcillolitas, así como en el Cretácico superior por encima de la Formación La Tabla. En el estratotipo de la Formación Caballos, por la quebrada Bambucá, hay dos intervalos calcáreos de 62 y 70 metros, respectivamente, conformados por la alternancia de lodolitas negras con micritas y con bioesparruditas; este intervalo calcáreo parece proseguir hasta la quebrada Yaví (Renzoni, 1994, pp. 18, 19 y 23). No se cuenta con información sobre análisis químicos.

Mediante la subdivisión estratigráfica antes señalada se inicia la descripción a partir de la unidad más antigua, en la cual se encuentran afloramientos de caliza, y no según la región de hallazgo, para lo cual se utiliza el mapa geológico (Marquínez & Velandia, 2001) y memoria (Velandia et al., 2001).

Neoproterozoico

Se cita la presencia de mármoles en el Precámbrico del Grupo Garzón (Pegg), localizado al oriente de Tello y de Algeciras, y en las migmatitas de Las Minas (Pem), al suroeste de Pital (Velandia et al., 2001, pp. 26, 28). También en la región más noroccidental del departamento se encuentran afloramientos de mármol, tanto en San Luis, dentro del Complejo de Aleluya (Pea), como en el granito del Jurásico inferior (Ji), que engloba mármoles de probable origen precámbrico (figura 96), en cercanías de Santa María, Teruel, Pacarní-río Negro y Aleluya-La Lupa.

En el trabajo de Velandia et al. (2001, pp. 110 y 111) se hace referencia a varios de estos depósitos y yacimientos del Proterozoico, además de los correspondientes al Paleozoico, Triásico y Cretácico, pero no se informa sobre los recursos, calidad o potencial de ninguno de ellos. La única información sobre depósitos calcáreos tiene que ver con la presencia de calizas del Triásico, en los ríos Bache y Bachecito, al noroccidente, entre Santa María y San Luis, y al occidente de Rionegro, aquí supuestamente “de buena calidad y con las reservas más importantes de todo el Huila”.



CONVENCIONES — Vías — Ríos — Áreas calcáreas

Proyección Transversa de Mercator, Esferoide Internacional, Origen coordenadas, 74° 04 51.30W 4° 35 56.57N, Falso origen X: 1.000.000 Y: 1.000.000

Figura 95. Localización del departamento del Huila y distribución de áreas calcáreas.

Fuente: Ingeominas.

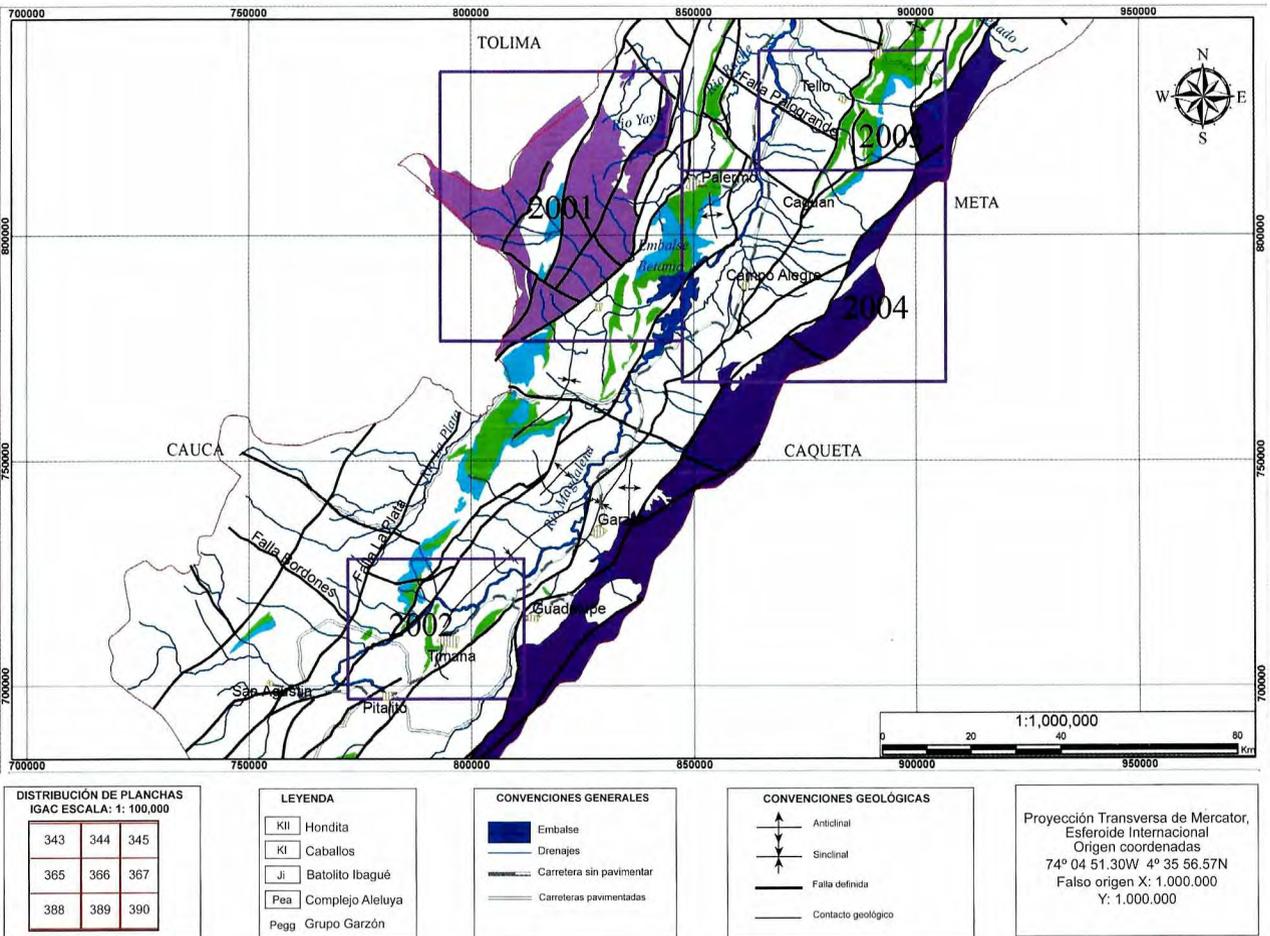


Figura 96. Mapa geológico zona calcárea Huila con unidades que contienen cuerpos calcáreos.

Fuente: Ingeominas.

Área calcárea 2001 Yaya

En el mapa de Marquínez & Velandia (2001), los ríos Bache, Bachecito y Yaya, muy cercanos entre sí y el depósito de San Luis, están a pocos kilómetros al noroccidente de Palermo y cruzan tanto el granito del Batolito de Ibagué, del Jurásico inferior (Ji), que engloba los mármoles, como capas del Complejo de Aleluya (P_{ea}) del Proterozoico.

No son claros, por tanto, los motivos por los cuales se asignó una edad triásica a estos mármoles, sobre todo su pertenencia a una determinada unidad, en forma exclusiva. En todo caso, en el trabajo de Protexa (1967, pp. 3, 5-8, figura DH2) se afirma que este yacimiento, el único evaluado entre todos los antes nombrados, dista 47 kilómetros desde Neiva y tiene, entre el cuartel de Aleluya y la localidad La Lupa, partes aptas para utilizarlo (hasta un 61%) como materia prima para producir cemento, que se alternan con otras de especificaciones muy bajas.

La geología de este depósito no es homogénea, lo que dificultará la exploración y la eventual explotación (Protexa, 1967, p. 7).

Se refieren análisis químicos parciales que muestran un contenido de CaCO_3 entre 59,43 y 98,51% y uno de MgCO_3 entre 0,42 y 37,85%. De las 18 muestras analizadas, 11 dieron un resultado que indica que algunas contienen un material apto para la producción de cemento, naturalmente después de individualizar y descartar las capas dolomíticas. Así, descartando las dolomíticas (Protexa, 1967, anexo 3) se observan muestras con análisis en CaCO_3 del 94,10%, en MgCO_3 del 0,83%, en Fe_2O_3 del 0,35% y en Al_2O_3 del 0,18%. Pero en las dolomíticas el MgCO_3 puede llegar al 35,67% (tabla 53).

Tabla 53. Calidad promedio de las calizas del área Yaya

CaCO_3	MgCO_3	Fe_2O_3	Al_2O_3
94,1	0,83	0,35	0,18

Fuente: Protexa, 1967.

En conclusión, esta área es inconveniente para utilizarla como productora de caliza para la manufactura de cemento pórtland.

Paleozoico

En el trabajo de Velandia et al. (2001, pp. 101, 110 y 111, tablas 2, 4 y 5), se citan 39 explotaciones vigentes de cuerpos calcáreos en los municipios de

Neiva, Palermo, Nátaga, Teruel y Santa María (óp. cit., tabla 2), y 48 licencias de exploración en los municipios antes citados, unidos a los de Aipe, Hobo, Timaná, San Agustín (óp. cit., tabla 3).

Además, se citan cuerpos calcáreos que pertenecen a unidades del Paleozoico superior, en La Jagua, Cerro Neiva y en Ambicá (óp. cit., tabla 5). Sin embargo, de la mayor parte de estos cuerpos calcáreos citados no se conoce información sobre los recursos, calidad o potencial. Sólo se asegura que en Ambicá hay intercalaciones de caliza en la sucesión de arenitas devónicas, en Cerro Neiva ocurre una sucesión carboniana de capas calcáreas en el Terciario inferior, que puede tener un espesor de centenar de metros, y en La Jagua hay una sucesión de lodolitas calcáreas (óp. cit., pp. 46 y 47).

Sobre Cerro Neiva se tiene información un poco más detallada. En el trabajo de Zambrano (1965, p. 9, figuras 1 y 4) se relata que en el kilómetro 13 de la carretera Caguán-Cerro Neiva afloran dos capas calcáreas de dos a tres metros de espesor, con 77,33 a 84,46% de CaCO_3 y con MgCO_3 inferior al 2,3%.

Triásico

Cuerpos calcáreos del Triásico se relacionan en el trabajo de Velandia et al. (2001, pp. 47-49). Ocurren en un pequeño sector de la cordillera Central, al oeste de Santa María (Marquínez & Velandia, 2001, mapa) y pertenecen a la unidad litoestratigráfica de Payandé. La carretera Íquira-Pacarní se acerca a los afloramientos, mal expuestos, de una secuencia de caliza micrítica. No se conocen su espesor, su calidad o su potencial.

Cretácico

En el trabajo de Velandia et al. (2001) se cartografían como conjunto KI las formaciones Yaví y Caballos, mientras que como conjunto KII se cartografían las formaciones Hondita, Loma Gorda, Grupo Olini y La Tabla.

Como almacenadora de calizas hay que considerar, en primer lugar, la Formación Caballos. En el tramo entre la quebrada Bambucá y la quebrada Yaví, se observó la ocurrencia en esta formación de dos gruesos cuerpos calcáreos (Renzoni, 1994, figuras 6 y 9). Sin embargo, estas dos citas son las únicas que refieren un espesor interesante de calizas en esta unidad. En el resto de los seis afloramientos, citados por Velandia et al. (2001, p. 53), se obtiene sólo que en el segmento intermedio de la unidad ocurren capas gruesas de

arcillolitas, intercaladas con capas delgadas de caliza micrítica. En las secciones indicadas por Velandia et al., se obtuvieron columnas en Yaguaracito, Itaibe, Praga y Vegalarga que muestran la pobreza y hasta la ausencia del recurso calcáreo en esta unidad (Renzoni, 1994, figuras 7, 10, 11, 12, 13 y 14).

En la Formación Hondita hay referencias sobre la ocurrencia de capas de caliza (Marquínez & Velandia, 2001, leyenda en el mapa), pero información más precisa sobre los grupos calcáreos en el Cretácico se obtiene en Velandia et al. (2001, figura 10), quienes aseveran que “la Hondita es una secuencia de lodolitas y limonitas arenosas de cuarzo, intercaladas con algunas capas delgadas de calizas lumaquéllicas”. En esta formación son muchas las localidades que presentan cuerpos calcáreos bien expuestos: al este de Tello, por el río Venado, por la quebrada Los Ángeles, por San Miguel, por El Uvital, por el filo del Portachuelo y la quebrada La Guagua. No obstante, en ninguno de estos lugares se informa sobre reservas, análisis químico o potencial. En la citada figura se muestra la posición estratigráfica de la caliza de Tetuán en la Hondita. En el texto no se hace ninguna referencia a la caliza de Tetuán.

Área calcárea 2002 Timaná

El área calcárea 2002 se ubica en los alrededores de Timaná; en el trabajo de Arias (1964, pp. 4-6), a 1,5 kilómetros al sur de Timaná, en el sitio de la Cantera, se relaciona una caliza definida como del Cenomaniano, representada en la figura 10 del trabajo de Velandia et al. (2001) como parte del techo de la caliza de Tetuán.

Sector la Cantera

La evaluación realizada, sobre un espesor de 17 metros, calcula reservas medidas de 8.250.000 toneladas y reservas indicadas de 12.350.000 toneladas. Su calidad, según afirma el autor, es indicada por los siguientes resultados de los análisis ejecutados, en la muestra AA-5: CaCO_3 , 95,95%; MgCO_3 , 0,71%; residuo insoluble, 2,07%, y P_2O_5 , 0,0%. En una localidad cercana, en la quebrada Tobo, se encuentra otra caliza de quince metros de espesor, pero su calidad es baja, por poseer alto contenido en sílice. Es posible su explotación a tajo abierto.

Sector Versalles

En el mismo trabajo se presenta la caliza ubicada en la hacienda Versalles, aproximadamente quince kilómetros antes de llegar a San Agustín, sobre la vía

que viene de Pitalito. Por debajo de los sedimentos aluviales del río Magdalena aparecen dos lentejones de caliza, entre 56 y 85 metros de longitud, cuyo alto contenido en $MgCO_3$ los hace interesantes como materia prima para cal agrícola. No cuenta con información sobre los recursos y se sugiere exploración con perforaciones.

Sector San José

En jurisdicción del municipio de San Agustín, sobre la margen derecha del río Magdalena, se encuentra un tercer afloramiento calcáreo largo 95 metros. No se informó su grosor. La composición es muy variable. Puede utilizarse en la producción de cal agrícola.

Sector Palestina

En el kilómetro 20 de la carretera a Palestina, a orillas de la carretera, se encuentra un afloramiento de calizas intercaladas por arcillolitas fosilíferas. El afloramiento se cubre a los 100 metros, para volver a aparecer a los 250 metros. La calidad es buena aunque alta en magnesio, pero su corta extensión limita la posibilidad de explotación.

En la Formación Loma Gorda, constituida por lodolitas, lodolitas calcáreas, calizas micríticas y cuarzoarenitas, no se establece ningún intervalo calcáreo interesante, ni tampoco se reconoce la Caliza de la Frontera (Velandia et al., 2001, pp. 55 y 56). En el texto se habla de afloramientos de calcáreos cerca de Tello, en río Venado, en la quebrada Los Ángeles, en Paicol, en el filo del Portachuelo, pero no se hace ninguna referencia a las características de estos cuerpos calcáreos.

En las unidades Grupo Olini y Formación La Tabla no se han hallado calizas.

En la parte septentrional del Huila se manifiestan conjuntos calcáreos cretácicos poco detallados, referidos por Zambrano (1965, p. 3, figura 1), entre la quebrada Las Lajas y Cerro Neiva, es decir, en La Troja, en la quebrada Emayá, en la carretera a San Andrés y a La Sierra, en el río Ceiba y en Tarpeya. La posición estratigráfica de las calizas no siempre se ha definido con la necesaria claridad, depósito por depósito. En el área se han reconocido el Grupo Olini y la Formación La Tabla y, por tanto, se está en presencia de unidades calcáreas de Huila y no de Cundinamarca.

Área calcárea 2003 La Troja

Entre los depósitos calcáreos ocurrentes en esta área, Zambrano (1965, p. 9) menciona un grupo inferior calcáreo que aflora en la carretera entre Tello y San

Andrés y por los ríos Villavieja y Las Ceibas. Ocurren capas de caliza con contenido de CaCO_3 en general muy bajo. Se desaconseja su posterior exploración.

Sector La Troja-Las Ceibas-Vegalarga

Hacia arriba, los afloramientos que se observan en la carretera entre Baraya y La Troja, que pertenecen al grupo intermedio de la sucesión sedimentaria cretácica, siguen hacia el sur por la quebrada Emayá, por las carreteras de Tello a San Andrés y de Tello a La Sierra, por el río Las Ceibas y al sur de éste, en los carretables a la hacienda Tarpeya (antes de Los Hornos) y a la hacienda Santa Bárbara (al oeste del sinclinal San Antonio), así como en la carretera San Antonio-Vegalarga (al este del mismo sinclinal) (Zambrano, 1965, p. 8). Es un afloramiento muy largo que alcanza 30 kilómetros, con un espesor de los bancos de 15 metros, el cual para efectos de cálculo se disminuyó a 10 metros; con una cuelga de únicamente 20 metros y gravedad específica verdadera de 2,5, se obtuvieron reservas de 15 millones de toneladas. El contenido en CaCO_3 está entre 85 y 95% (90%, en promedio) y contenido de MgCO_3 muy variable, a veces superior al 5%.

El Grupo Superior está conformado por caliza cuarzosa blanca que ocupa una posición estratigráfica superior a la de la Formación La Tabla. Aflora en la quebrada Las Lajas, en la quebrada Emayá, en el flanco occidental del sinclinal de San Antonio y se observó su presencia en Las Ceibas y en Monte León; termina en la hacienda Nora, al este de Caguán. Su contenido en CaCO_3 es inferior a 70% y por su contenido en sílice no es apto para producir cemento (Zambrano, 1965, p. 7).

Área calcárea 2004 Tarpeya

En esta área se ha analizado un yacimiento de calizas, probablemente el mejor estudiado. Se determinaron con exactitud su posición estratigráfica, espesor, calidad y potencial. Tarpeya presenta condiciones óptimas en cuanto a calidad de las calizas, reservas, costos de explotación y ubicación.

Los análisis químicos muestran que el contenido en CaCO_3 es superior al 82% e incluso alcanza el 95%, y el MgO está entre 0,00 y 1,11%, valores estos altamente satisfactorios (Protexa, 1967, pp. 1-2). Al hacer el promedio sobre el contenido en CaCO_3 , se obtiene que la muestra T-1, del Grupo 4 (Protexa, 1967, anexo 3) es la más cercana al promedio, que es el siguiente: 90,16% en contenido de CaCO_3 , 0,56% en MgCO_3 , 7,93% en residuos insolubles, 0,20% en Fe_2O_3 y 0,07% en Al_2O_3 .

Las reservas de Tarpeya, calculadas con datos de superficie y con alto factor de seguridad, dan una cifra de 134,7 millones de toneladas, suficientes

para abastecer una fábrica de cemento de mil toneladas diarias, durante 2000 años. La explotación de la caliza se puede realizar a tajo abierto. Las investigaciones futuras deberán incluir perforaciones.

En el Caguán hay un complejo calcáreo con contenido de magnesio demasiado alto, como para considerarlo fuente de suministro para cemento.

Potencial y perspectivas

El potencial calcáreo de Huila establece una cifra de 134,7 millones de toneladas, y Tarpeya, por su potencialidad, su calidad y la facilidad de extraer la materia prima, se distingue entre todos los yacimientos.

Es interesante también el área de La Troja, con un cuerpo calcáreo de aproximadamente 30 kilómetros de longitud.

Los depósitos de caliza se encuentran distribuidos principalmente en la costa atlántica, en las cordilleras Oriental y Central y, en menor proporción, en la cordillera Occidental. La mayoría de los yacimientos calcáreos, con pocas excepciones, no se han estudiado detalladamente para conocer el potencial de sus recursos y reservas.

Más adelante se muestra el potencial de cada área calcárea, como lo informan los autores originales. En la mayor parte de los casos se trata de recursos inferidos, y son muy pocas las cifras sobre recursos, escasas sobre reservas indicadas y aún más sobre reservas inferidas (tabla 54).

Se revisó la información sobre informes técnicos, estudios y trabajos de grado de instituciones como Ingeominas, el Instituto de Fomento Industrial, secretarías de Minas departamentales y universidades; como se explica en el capítulo introductorio, luego se validó la información y se procedió a tabularla de acuerdo con esto.

Como se detalla en la descripción de cada depósito o yacimiento, en varios de ellos las cifras se derivan de apreciaciones hechas en visitas rápidas y no en estudios conducidos mediante exploraciones de larga duración, y solamente en algunas zonas se tienen cifras actualizadas, algunas provenientes de las compañías cementeras que realizan evaluaciones detalladas en sus áreas de licencia; la mayoría de las empresas privadas tienen una política

acerca de la confidencialidad de sus reservas. Se dejan sin referir las zonas y áreas sobre las cuales no se dispone de información.

La información sobre recursos, reservas y potencial arroja cifras de 252,83 millones de toneladas en la categoría de reservas medidas, 2.311,14 millones de toneladas en la categoría de reservas indicadas y 15.269,31 millones de toneladas en la categoría de reservas inferidas, así como un potencial para Colombia de 17.833,28 millones de toneladas de caliza (tabla 54), cifras tomadas de los cálculos realizados por los autores originales; sin embargo, esta cifra es modesta en relación con el verdadero potencial del país en recursos calcáreos, ya que no se dispone de datos actuales que permitan mostrar una cifra que refleje el potencial de recursos de caliza y mármol en Colombia.

Dentro de las zonas calcáreas del país, la mayor cantidad de reservas se encuentra en las zonas de Santander, Cesar y La Guajira; son también muy atractivas las zonas de Cundinamarca, Meta (límite con Cundinamarca), Norte de Santander, Atlántico, Bolívar, Antioquia, Tolima, Valle del Cauca y Huila, y no se pueden desconocer los depósitos menores que se constituyen en valiosos recursos para las industrias locales.

Para evaluar la calidad de los depósitos y yacimientos en el país, los datos provienen especialmente de los análisis efectuados para conocer el posible aprovechamiento del material para su utilización en cemento. En la mayoría de los casos, con excepción de la empresa privada, los valores derivan de muestras recogidas en forma aislada y no provienen de programación detallada de muestreos en canal.

Posteriormente, se presentan las características químicas por zona o por área calcárea (tabla 55). De acuerdo con la disponibilidad de los datos de origen. Los datos que se dan, son los que provienen especialmente de los análisis conducidos para conocer de antemano el posible aprovechamiento del material para su utilización en cemento. Son cifras que derivan de muestras recogidas de forma aislada, es decir, no corresponden a muestras tomadas en canal; en el caso de muestras petrográficas se indicará que esa es la providencia.

Tabla 54. Recursos, reservas, potencial y uso actual de calizas por área

Número	Zona	Área	Recursos (toneladas x 10 ⁶)			Potencial (toneladas x 10 ⁶)	Uso actual
			Medidas	Indicadas	Inferidas		
1	Putumayo	Ninayaco		12,00		12,00	Cal agrícola
		San Francisco		2,50		2,50	Cal agrícola
		Titango					
		Total		14,50		14,50	
2	Meta	La Cal	4,00		389,00	393,00	Cemento y cal agrícola
		El Dorado			100,00	100,00	Cal agrícola
		Total	4,00		489,00	493,00	
3	Cundina- marca	Guavio			1029,00	1029,00	Cemento y cal agrícola
		Río Clarín			>>1000,00	1000,00	Cemento y cal agrícola
		Oriente de Bogotá			7,80	7,80	Cal agrícola
		Total			2.036,80	2.036,80	
4	Boyacá	Pesca-Betéitiva y Duitama-Belén	60,90	20,90	26,10	107,90	Cemento y cal agrícola
		Villa de Leiva					
		Otras áreas calcáreas		27,70	1,50	28,57	
		Total	60,90	48,60	27,60	136,47	

5	Santander	La Cumbre-Zapatoca		135,00	135,00	Cemento y cal agrícola
		Molagavita-Pangote				
		Total		135,00	135,00	
6	Norte de Santander	Mutiscua-Silos				
		Rosario-El Diamante		110,20	110,20	Cemento
		Cúcuta-Pamplona		23,30	23,30	Cemento
		Donjuana-Durania		4,10	4,10	Cal agrícola
		Santiago-Arboledas		21,40	21,40	
		Santiago-Sardinata		52,40	52,40	Cemento
Total		211,40	211,40			
7	Cesar	Aguachica				
		Pelaya				
		Pailitas				
		La Jagua de Ibirico				
		San Diego				
		Bosconia	2020,00	2000,00	4020,00	Cemento
		Total	2020,00	2000,00	4020,00	

8	La Guajira	Urumita			
		Sabaneta			
		Barrancas			
		Hato Nuevo	5000,00	5000,00	Cemento
		Laguna de Kuisa			
		Flor de La Guajira			
		Punta Espada			
		Total	5000,00	5000,00	
9	Magdalena	Ciénaga	66,70	66,70	Carburo agrícola
		Total	66,70	66,70	
		La Popa	68,00	68,00	
10	Atlántico	Tubará			Cemento
		Arroyo de Piedras	390,00	390,00	
		Colina de Morisca			
		Total	458,00	458,00	
		Ballesta			Cemento
11	Bolívar	Canalete	172,00	172,00	
		Turbaco	1450,00	1450,00	
		Albornoz			
		Cartagena			
		Púa	420,00	420,00	
		Total	2042,00	2042,00	

Continuación

12	Sucre	Toluviejo						
		Total						
13	Córdoba	La Cantera		4,70		4,70		Cemento
		La Floresta		29,40		29,40		Cemento
		Total		34,10		34,10		
		Versalles			0,15	0,15		
		Santa Bárbara			0,50	0,50		
		Segovia	39,00		8,00	47,00		
		Remedios			7,50	7,50		
		Maceo				++++		Cemento
		Yolombó						
14	Antioquia	Puerto Berrío	11,00	24,00	1043,00	1078,00		Cemento
		Abejorral			22,70	22,70		Cemento
		Río Claro	20,00	115,00	1500,00	1635,00		Cemento
		Nutibara						
		Damasco-Fredonia						
		Giraldo-Dabeiba						
		Total	31,00	178,00	2599,15	2790,85		
15	Caldas	Manzanares			0,31	0,31		Cemento y agrícola
		Neira			5,00	5,00		Cemento y agrícola
		Total			5,31	5,31		
16	Quindío	Puente Tabla	5,40		25,25	30,65		Agrícola
		Total	5,40		25,25	30,65		

.../..

Continuación

17	Tolima	Lérida						
		Venadillo						
		San Luis-Rovira			100,00		100,00	Cemento
		Madroño					+++++++	Cemento
		Guacharacal						
		Total				100,00		
18	Valle del Cauca	Las Guacas	1,78	4,22	70,00	76,00	Cemento	
		La Llanada	6,80		3,30	10,10	Cemento	
		Total	8,58	4,22	73,30	86,10		
19	Cauca	Pitayó			2,10	2,10	Cemento	
		Total			2,10	2,10		
20	Huila	Yaya						
		Timaná	8,25	12,35		20,60	Cemento	
		La Troja			15,00	15,00	Agrícola	
		Tarpeya	134,70			134,70	Cemento	
		Total	142,95	12,35	15,00	170,30		
Gran total		252,83	2311,14	15.269,31	17.833,28			

+++++++ Reservas abundantes, considerables, inmensas

Tabla 55. Calidad promedio por zona y área calcárea

Zona	Área	Código	CaCO ₃ (%)	CaO (%)	MgCO ₃ (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)	Res. insol.	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
1	Putumayo	San Francisco	102	72,46			20,17			
		Titango	103	80,19	48,27		25,35			
2	Meta	La Cal	201	80,12		5,63				
		El Dorado	202	93,80		0,90	3,90			
3	Cundinamarca	Guavio	301	85,00						
		Río Clarín	302	82,69		8,00				
4	Boyacá	Pesca-Betétiva y Duitama-Belén	401	90,20	50,00		2,06			<1,05
5	Santander	La Cumbre- Zapatoca	501	95,00		0,76				
		Molagavita-Pan- gote	503							
6	Norte de Santander	Mutiscua-Silos	601	83,23					0,02	0,29
7	Cesar	Bosconia	706		48,80		0,70		0,40	0,40
8	La Guajira	Urumita	801							
		Sabaneta	802							
		Barrancas	803							
		Hato Nuevo	804		53,30		0,03	1,50	0,60	0,10
		Laguna de Kuisa	805							
		Flor de La Guajira Punta Espada	806 807							

.../..

Continuación

9	Magdalena	Ciénaga	901	49,57	0,64	5,78		
		La Popa	1001	53,00	1,50		0,42	
10	Atlántico	Tubará	1002					
		Arroyo de Piedras	1003	54,98		43,77		
		Colina de Morisca	1004					
11	Bolívar	Canalete-Loma de Piedra	1102	95,82				
		Turbaco	1103	54,40	0,75		1,40	
12	Sucre	Toluviejo	1201	52,06	1,05			
13	Córdoba	La Cantera	1301	97,19	2,15	1,20	0,00	0,48
		La Floresta	1302	96,29	0,25	1,34	0,86	0,6
		Versalles	1401	34,25	1,44	35,70		
		Santa Bárbara	1402					
		Segovia	1403	50,30	0,24	5,40		
		Maceo	1405	97,00				
14	Antioquia	Yolombó	1406					
		Puerto Berrío	1407	50,10	0,10			
		Abejorral	1408					
		Río Claro	1409	56,00	0,50	3,00		
		Nutibara	1410					
15	Caldas	Manzanares	1501	96,90	1,80			
		Neira	1502	87,20	3,80	6,88	0,11	0,17
16	Quindío	Puentetaba	1601	34,79	1,02		0,79	2,06

Continuación

		Lérida	1701	52,20		5,72			
17	Tolima	San Luis-Rovira	1703	85,00		10,00			
		Madroño	1704	96,16		3,85		0,02	0,63
18	Valle del Cauca	Las Guacas	1801	90,00					
		La Llanada	1802	93,00					
19	Cauca	Pitayó	1901	89,92		3,81			
		Yaya	2001	94,10		0,83		0,18	0,35
20	Huila	Timaná	2002	95,95		0,71		2,07	
		La Troja	2003	90,00				/..
		Tarpeya	2004	90,16		0,56		0,07	0,20

Continuación

Minería de calizas y mármoles en Colombia

Sistemas de explotación

En Colombia se pueden diferenciar dos sistemas de explotación para roca caliza: minería a cielo abierto y minería subterránea. Para la explotación de mármol se emplea el método a cielo abierto, mediante lapidación o perforación con material expansivo. No se conocen en el país explotaciones de mármol bajo tierra.

Minería a cielo abierto para roca caliza

La minería a cielo abierto se realiza en superficie y consiste en retirar el material estéril que cubre el mineral que se va a explotar (figura 97).

El método de minería a cielo abierto, denominado de bancos o terraceo (figuras 98 y 99), radica en dividir el yacimiento en escalones. Normalmente se comienza la explotación en forma descendente, por medio de perforación y voladura, en áreas de trabajo escalonadas con dos o tres caras libres, donde el ancho y la altura de cada banco han de ser lo suficientemente amplios para permitir las maniobras del equipo de cargue y transporte. De igual manera, los bancos están conectados unos con otros por medio de rampas y se hacen cunetas para el manejo de aguas.

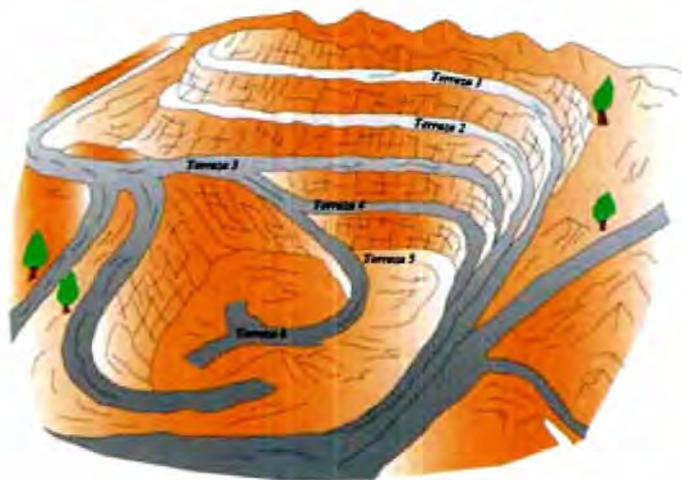


Figura 97. Esquema general de minería a cielo abierto.

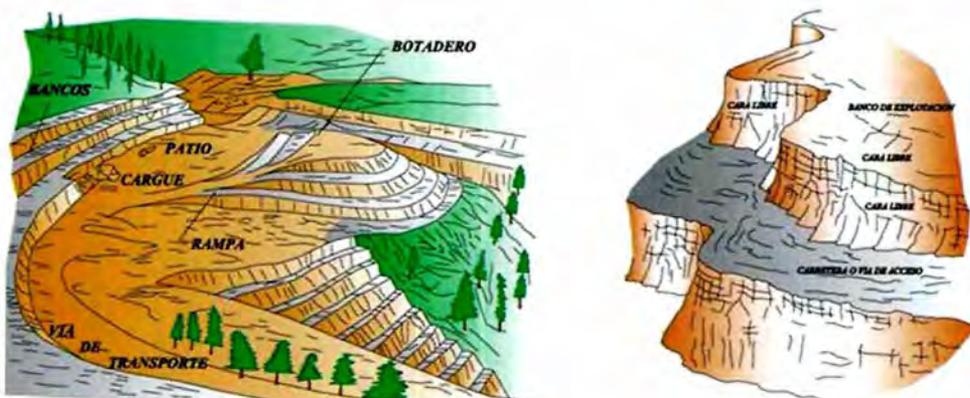


Figura 98. Explotación por terracedo.

Las labores de desarrollo tratan sobre la construcción de vías de acceso, ubicación de botaderos, construcción de cunetas o drenajes y remoción del estéril.

Las labores de explotación se encargan del arranque de la caliza, una vez realizado el descapote, y residen en el diseño de las mallas de perforación, cargue de barrenos, voladura y transporte de material. Los patrones de perforación y voladura en cada uno de los sistemas de explotación dependen, principalmente, de la dureza y calidad de la roca caliza.

El método de banqueo o terraceo se utiliza en casi todas las explotaciones de los grupos cementeros del país, como Holcim Colombia, Argos y Cemex, ya sea en explotaciones directas o mediante contratistas.

La explotación a cielo abierto tiene dos componentes sobre el tipo de tecnología minera, claramente establecidos en el país: minería tecnificada y minería tradicional o de hecho.

La minería tecnificada la desarrollan sobre todo las grandes empresas cementeras, como Holcim, Cemex y Argos, con importantes proyectos mineros, de acuerdo con especificaciones técnicas, utilización de *software* para la planeación minera a mediano y largo plazos, control topográfico y geotécnico minero a precisión y con estándares de las multinacionales, grado de mecanización para control de producción y costos de operación, rendimientos en perforación y voladura (incluye control de vibraciones), control de efectos ambientales y minimización de problemas sociales ocasionados por este tipo de minería.

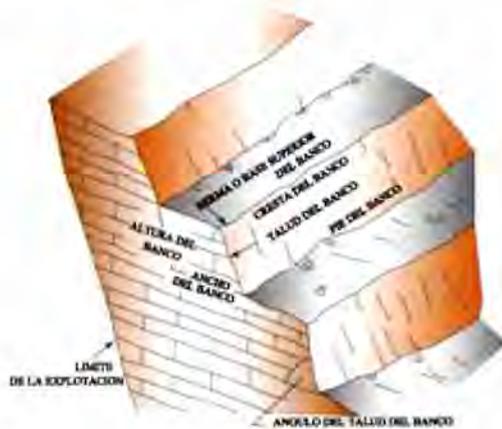


Figura 99. Partes de un banco de explotación de caliza.

Los productores de cemento, en sus operaciones propias, pueden llegar a producir en promedio mensualmente entre 60.000 y 90.000 toneladas de materia prima, roca caliza, sin tener en cuenta los aditivos utilizados como yeso o puzolana. El grado de mecanización de este tipo de minería, comparado con otros países productores, es aceptable. Hoy en día, la demanda de

mano de obra calificada para este tipo de explotaciones es grande, razón por la cual el Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) prepara operadores de maquinaria pesada para desempeñar estos cargos en los diferentes proyectos mineros que se llevan a cabo en territorio colombiano.

La minería tradicional o de hecho generalmente utiliza explotación por banco único, común en la mayoría de los pequeños proyectos. Consiste en dejar un solo talud con ángulo de reposo natural para aprovechar la gravedad y sacar el material útil; el grado de mecanización es muy bajo, en algunos casos se usa únicamente trabajo manual y en otros se combina la mano de obra de bajo costo con ciertas máquinas para aumentar un poco el rendimiento; los elementos de trabajo son rudimentarios, se emplean barras y cuñas para la explotación, y se aprovechan las diaclasas y fracturas de la roca; es común que se utilicen explosivos preparados con materiales no autorizados, o mezclas de abonos o ureas y pólvora negra.

La producción promedio mensual es de 5000 a 6000 toneladas, y puede ser intermitente en razón de la demanda. Una considerable parte de esta pequeña minería es ilegal, a veces sin conocimiento de las autoridades de planeación de los municipios, y genera problemas de estabilidad de los frentes de explotación, inseguridad en las operaciones e impacto ambiental negativo, entre otros factores.

Minería subterránea para roca caliza

El método de explotación más utilizado para casi todas las mineralizaciones que constituyan yacimientos explotables bajo tierra se denomina “cámaras y pilares”. En este método se desarrolla y prepara un bloque de diferentes dimensiones, para posteriormente avanzar o extraer el mineral, generando un frente de arranque denominado cámara y estabilizar o soportar el techo o piso; se dejan como sostenimiento natural mineral los pilares rectangulares o machones (figura 100).

Este método, aunque se emplea para explotación de caliza, no tiene gran aceptación por su alto costo y el material útil que queda como soporte, al dejar reservas importantes sin explotar. Lo utilizaron, entre otros, la empresa Acerías Paz del Río en su mina Calizas Belencito, pero actualmente se encuentra fuera de explotación.

Otro método de explotación subterránea es el utilizado en la mina El Toro, en la planta El Cairo, de Cementos Argos S.A., donde se explota roca calcárea para la fabricación de cemento. El método de explotación se conoce

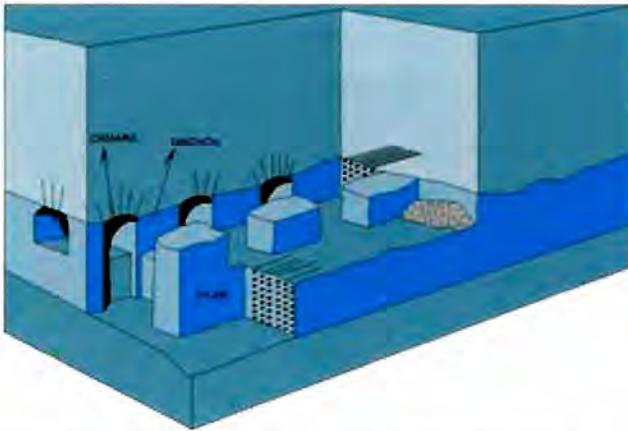


Figura 100. Esquema del método de explotación por cámaras y pilares.

Fuente: Protexa, 1967.

como realce por subniveles o *sublevel stopping* (figura 101) y consiste en la abertura de cámaras mediante perforación y voladura con explosivos; cada cámara excavada mide 20 metros de ancho, 45 metros de altura y longitudes entre 80 y 120 metros, separadas por pilares intermedios de 10 metros de espesor, y definen conjuntos denominados bloques de explotación.

En el diseño del método de explotación se aprovecha la calidad autoportante del macizo rocoso. Sin embargo, las grandes dimensiones excavadas y el grado de fracturamiento de la roca exigen prevenir el desprendimiento de bloques y los desplazamientos, por lo cual se instalan cables de acero que atraviesan transversalmente los pilares.

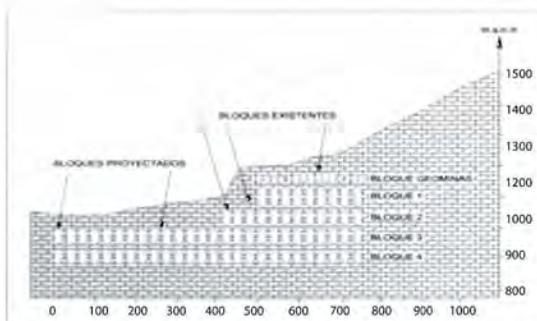


Figura 101. Sección transversal vertical esquemática de las excavaciones en la mina El Toro.

Fuente: Tobón & Monsalve, 2001.

Métodos de explotación para mármol

Para la explotación de mármol se emplean dos métodos: lapidar y perforar.

Lapidar es cortar las rocas en bloques manejables, que a su vez se procesan mecánica o manualmente para obtener las láminas o bloques simétricos de roca. Se lapidan o cortan técnicamente los bloques mediante un hilo helicoidal, sierras de dientes o hilos, esmeril, polvo de cuarzo y diamante.

El hilo helicoidal es un cable metálico formado por diversos cabos, tenso y enrollado en poleas, que se oprime contra la roca al tiempo que se suelta y desenrolla a gran velocidad; simultáneamente, es rociado con chorros de agua y arena cuarzosa (fotografía 4). Actualmente, se ensaya con éxito en otros países el lapideo con chorros de alta velocidad de fuego, abrasivos o luz (láser).



Foto 4. Sistema de explotación para mármol con sistema de hilo helicoidal.

Fuente: Herrera, 2007.



Foto 5. Sistema de explotación por perforación y material expansivo (Curití, Santander).

Fuente: Ingeominas

En Colombia, las explotaciones de mármol son todas a cielo abierto; tradicionalmente, se realizan perforaciones en forma secuencial y paralela, con barrenas de una pulgada, utilizando para el corte material no explosivo denominado cemento expansivo o mecha lenta, y cordones detonantes en profundidades de un metro, que producen bloques de 1 x 1 x 2 m, aproximadamente (fotografía 5); luego son llevadas a sierras de corte para pulir y vender como material ornamental y retales para piso, y en algunos casos los residuos son pulverizados para obtener abono o fertilizante.

Costos de explotación

La estructura de costos de explotación para minería tecnificada a cielo abierto comprende varios aspectos que inciden en ellos, como las labores de descapote (arranque, cargue, transporte a botadero, conformación del botadero), labores de explotación (perforación, voladura, cargue y transporte a patios), obras de mitigación ambiental y operación de trituración; más adelante se detallan los costos de explotación actual promedio para este tipo de minería (tabla 56).

Los costos más significativos están en las labores directas de explotación, desde la extracción de la roca hasta su colocación en patios (\$6600/ton); el proceso de trituración (\$4480/ton), el descapote (\$3510/m³, relación 1:0,3), cargue del material triturado (\$1000/ton) y las obras de mitigación ambiental (\$880/ton), que únicamente contemplan obras de tipo correctivo, como el riego de vías internas y el mantenimiento de las vías con maquinaria.

Tabla 56. Estructura de costos en explotaciones técnicas de caliza

Estructura de costos en explotaciones técnicas de caliza			
Descripción	Unidad	Vr/unit.	Vr/total
01. Descapote			
0101 Arranque y cargue	m ³	1510	1510
0102 Transporte a botadero	m ³	1490	1490
0103 Conformación en botadero	m ³	510	510
Subtotal (01)			3.510

Continuación

02. Explotación caliza cementera

0201 Perforación	ton	1200	1200
0202 Voladura y martillo	ton	2500	2500
0203 Cargue	ton	1300	1300
0204 Transporte a patios	ton	1600	1600

Subtotal (02) **6600**

03. Obras de mitigación ambiental

0301 Riego de vías internas	ton	700	700
0302 Mantenimiento de vías con maquinaria	ton	180	180

Subtotal (03) **880**

04. Suministro y administración de trituradora

0401 Suministro de trituración primaria	ton	4480	4480
0402 Administración de trituradora existente		910	910

Subtotal (04) **4480**

05. Cargue de material triturado

0501 Cargue de material triturado	ton	1000	1000
-----------------------------------	-----	------	------

Subtotal (05) **1000**

Notas: Se considera relación de descapote 1:0,3.

Los cálculos realizados para caliza están basados en una media de 18.000 ton/mes.

Los cálculos hechos para estéril están basados en una media de 0,3 m³/ton.

Mantenimientos correctivos.

No se contemplan los gastos de consumo de energía eléctrica para las trituradoras.

Legislación y trámites mineros

Mediante la Ley 685 de 2001, el Ministerio de Minas y Energía expidió el Código de Minas –modificado por la Ley 1382 de 2010–, donde enmarca los lineamientos sobre legislación y regulación minera.

Entre las principales modificaciones en la nueva legislación minera, referentes a calizas y mármoles, se destacan los aspectos relacionados con regalías y canon superficial.

El Código de Minas (capítulo XXII, artículo 227), de conformidad con los artículos 58, 332 y 360 de la Constitución Política, define lo siguiente: “Toda explotación de recursos minerales no renovables de propiedad estatal genera regalías como contraprestación obligatoria; consiste en un porcentaje fijo o progresivo del producto bruto explotado, objeto del título minero, y su subproducto calculado o medido, al borde o en bocamina, pagadero en dinero o en especie. Estos valores se recaudarán y se distribuirán de conformidad con lo dispuesto en la Ley 141 de 1994”.

La Resolución 0289 del 6 de julio de 2010, expedida por la Unidad de Planeación Minero Energética (Upme), delegada del Ministerio de Minas y Energía, determina los precios básicos de los minerales para liquidación de regalías, referente a calizas y mármoles (tabla 57).

Tabla 57. Precios bases de los minerales para liquidación de regalías.

Mineral	Unidad de medida	Precio en boca de mina/unidad (\$)
Carbonato de calcio	t	45.361
Caliza	t	7604
Mármol (bloque superior o igual a 1 m ³)	m ³	138.107
Mármol (bloque menor de 1 m ³)	m ³	45.268
Mármol en rajón (retal de mármol)	m ³	17.171
Travertino y calizas cristalinas en bloque superior o igual a 1 m ³	m ³	397.541
Travertino y calizas cristalinas en bloque menor de 1 m ³	m ³	126.374

Fuente: Upme, 2010.

Las actividades de declaración, autoliquidación y pago de regalías son realizadas por el explotador minero en periodos mensuales o trimestrales, dependiendo del tipo de mineral explotado, para lo cual se ha diseñado un formulario único denominado “Formulario para declaración de producción y liquidación de regalías, compensación y demás contraprestaciones por explotación de minerales”, el cual se debe presentar en la regional de Ingeominas más cercana al lugar donde se desarrolla la explotación.

En lo referente a materiales de construcción, entre los cuales se encuentran clasificados la caliza y el mármol, el Decreto 145 de 1995 autoriza a los alcaldes municipales de localidades donde se desarrolla la explotación, a efectuar el correspondiente recaudo. Adicionalmente, mediante el artículo 2 de la Resolución 8-0653 del 25 de enero de 1996, también se designa a los mandatarios municipales, jurisdicción de la explotación, para efectuar la distribución y transferencia de los regalías correspondientes a la explotación de caliza y puzolana recaudadas por la industria cementera.

En lo referente al canon superficiario, el artículo 230 –modificado por el artículo 16 de la Ley 1382 del 2010– estipula: “El canon superficiario sobre la totalidad del área de concesión durante la exploración, montaje y construcción o sobre extensiones de los mismos, lo que el contratista retenga para explorar durante el periodo de explotación, sea compatible con la regalía y constituya una contraprestación que se cobrará por la entidad contratante, sin consideración a quien tenga propiedad o posesión de los terrenos de ubicación del contrato”.

Así mismo, destaca que el canon superficiario correspondiente a los primeros cinco años será equivalente a un salario mínimo diario legal vigente (smdlv) por hectárea/año; a partir de este momento, el canon se incrementará cada dos años adicionalmente, así: para los años seis y siete, asciende a 1,25 smdlv/hectárea/año, y para el año ocho, asciende a 1,55 smdlv/hectárea/año. El canon será pagado por nulidades anticipadas y la primera nulidad se pagará dentro de los tres días siguientes al momento en que la autoridad minera determine el área libre susceptible de contrato mediante acto administrativo.

En cuanto al periodo de duración de la concesión, la modificación hace referencia al capítulo VII, artículo 72, periodo de construcción y montaje, así: “Terminado definitivamente el periodo de exploración, se iniciará

el periodo de tres años para la construcción e instalación de la infraestructura y del montaje necesario para las labores de explotación. Sin embargo, el concesionario, sin perjuicio de su obligación de iniciar oportunamente la explotación definitiva, podrá realizar en forma anticipada la extracción, beneficio, transporte y comercialización de los minerales en la cantidad y calidad que le permitan la infraestructura y el montaje provisional o incipientes que se dispongan; para tal efecto, dará aviso previo por escrito a la autoridad concedente, de acuerdo con el Programa de Trabajos y Obras de explotación provisional y anticipada”.

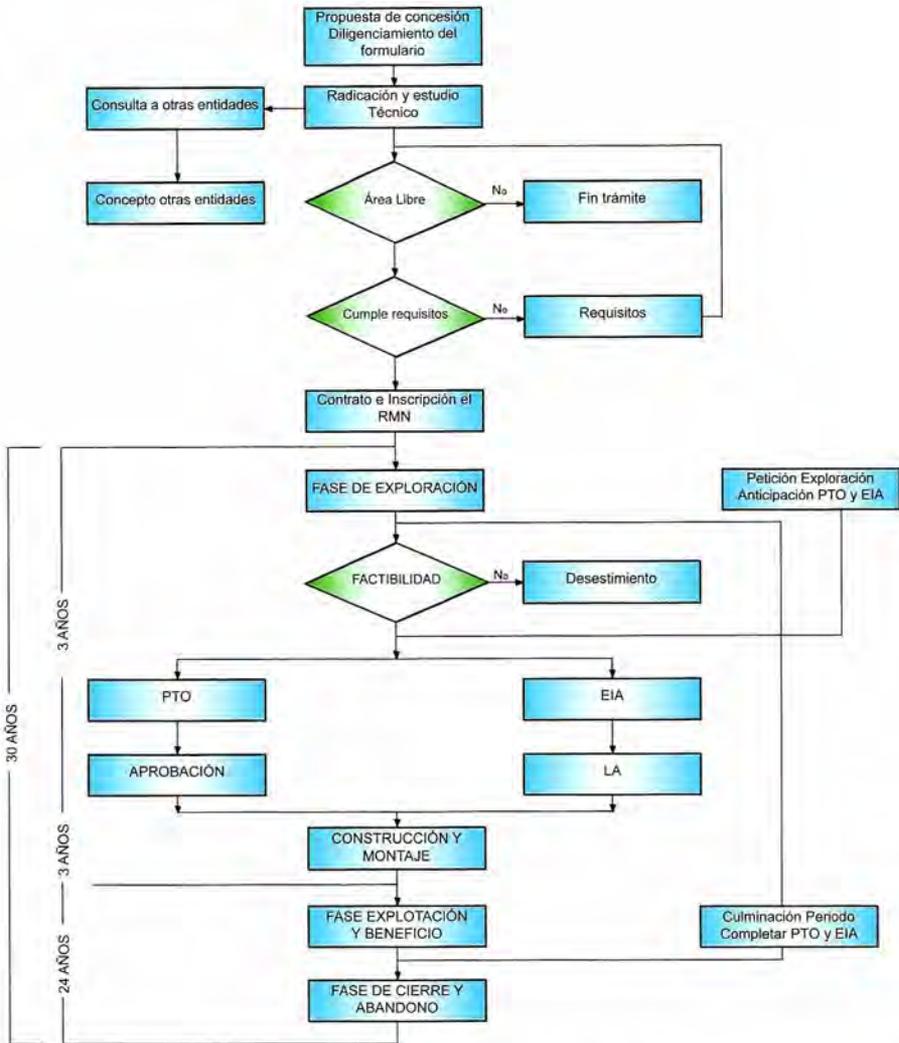
Además, la reforma de la Ley 685, por medio de la Ley 1382 de febrero de 2010, en el artículo 5, adiciona al artículo 74 el siguiente párrafo: “Si resulta necesaria una prórroga superior a la prevista en el presente artículo, el concesionario podrá continuar las exploraciones solicitando prórrogas adicionales de dos (2) años cada una, hasta un término total de once (11) años, para lo cual deberá sustentar las razones técnicas y económicas respectivas, demostrar los trabajos de exploración realizados en el cumplimiento de las guías minero-ambientales, describir los trabajos que ejecutará, especificando su duración, las inversiones que realizará, y pagar el canon superficiario respectivo (Ley 1382, reforma al Código de Minas, Ley 685 de 2010).

En cuanto a trámites mineros, éstos se ajustan a los lineamientos dados por el Ministerio de Minas y Energía, señalados en el diagrama de flujo para trámites mineros (figura 102).

Legislación ambiental, participación ciudadana y comunitaria

La legislación ambiental en Colombia nace en la Constitución Política de 1991, en la cual se establecen y adoptan normas de carácter ambiental que buscan la protección de los recursos naturales y de la comunidad; por esto algunos la han considerado la Constitución Verde.

En la Carta Magna se consagran normas y principios ambientales y de participación ciudadana y comunitaria cuando se establece que “Colombia es un Estado social de derecho, democrático, descentralizado, participativo, solidario y pluralista”.



PTO: Plan de Trabajos y Obras; EIA: Estudio de Impacto Ambiental; LA: Licencia ambiental.

Figura 102. Diagrama de flujo de trámites mineros.

Uno de los fines de la Constitución es facilitar la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones que afecten a la comunidad en las partes socioeconómica, político-administrativa y cultural de la nación.

El artículo 79 garantiza el derecho de las personas a gozar de un ambiente sano, así como la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla.

Igualmente, es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

En el artículo 80 se promulga que el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. Además, ha de prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

El párrafo del artículo 330 protege la integridad cultural, social y económica de las comunidades indígenas frente a la explotación de los recursos naturales; del mismo modo, la ley establece el derecho a que las comunidades negras tengan prelación en las licencias especiales para la exploración y explotación de los recursos naturales no renovables, tradicionalmente aprovechados por estas comunidades.

Así, en la Carta Magna se contempla el reconocimiento de la diversidad étnica y cultural de la nación, la autonomía en la administración de los recursos naturales en sus territorios, como también la participación comunitaria en los aspectos ambientales.

La Ley 99 de 1993 define la licencia ambiental, sus objetivos, y mediante el artículo 165 de la Ley 685 de 2001, se determina la obligatoriedad de presentar ante la autoridad ambiental (Ministerio de Medio Ambiente, delegado en las corporaciones regionales) el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

El artículo 272 del Código de Minas crea la *Guía Minero Ambiental* y sus respectivos ajustes para los explotadores, y el Decreto 1728 de 2002, artículo 20, establece el requisito de la licencia ambiental por parte del explotador interesado.

El artículo 52, en el numeral 2 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el artículo 8 del Decreto 1728 de 2002, literal b), establece que el Ministerio de Medio Ambiente otorgue de manera privativa la licencia ambiental para la explotación de materiales de construcción, cuando exceda un volumen mayor de 6000 ton/año, y a las corporaciones autónomas regionales, otorgar la respectiva licencia para explotaciones inferiores a esta cifra.

El Código Nacional de Recursos Naturales, título VII, artículo 60, legisla sobre la necesidad de licencias ambientales, restauración o sustitución morfológica y ambiental en zonas de explotación minera a cielo abierto.

Aspectos ambientales y socioeconómicos de la minería de caliza y mármol

La normatividad enmarca el interés del gobierno por proteger el ambiente y la comunidad, ya que en Colombia la mayoría de las explotaciones de caliza y todas las de mármol se realizan a cielo abierto y, por tanto, todas las actividades relacionadas con este tipo de minería generan impactos en el suelo, flora, fauna, aire, agua, desestabilización de laderas, procesos erosivos, degradación paisajística y transporte de material.

La situación ambiental actual de la minería de caliza en Colombia se puede enmarcar dentro de dos tipos: las explotaciones técnicas de las grandes empresas y la pequeña minería.

Las empresas productoras de cemento y productoras industriales de cal se rigen por parámetros y normas establecidos por las entidades ambientales; poseen la respectiva licencia ambiental, y presentan los estudios de impacto ambiental y los planes de manejo ambiental que les exige la autoridad ambiental. Estas empresas cuentan, por lo general, con un Departamento de Gestión Ambiental, encargado de obras y actividades relacionadas con la minería a través de acciones de prevención, mitigación, recuperación y adecuación de áreas intervenidas; también se observan acciones de recuperación paisajística y conformación de zonas degradadas (recuperación de suelos).

Los procesos industriales se regulan mediante la colocación de filtros y sistemas de control para la emisión de gases y partículas a la atmósfera. Tales compañías toman en cuenta en sus proyectos los costos ambientales, mediante apropiación de recursos económicos y tecnológicos como soporte para la ejecución de obras y actividades involucradas en el Plan de Manejo Ambiental.

Lo anteriormente expuesto no implica que se esté desarrollando una política ambiental conservacionista, pero sí que se consideran las leyes y normas existentes para este tipo de actividades; sin embargo, es importante ampliar e implementar obras y actividades cada día más amigables con el entorno y la comunidad.

En el caso de los productores de cal y explotadores de caliza a nivel no industrial (pequeños mineros), la situación se puede considerar grave, puesto que es allí donde se generan los mayores problemas ambientales, que afectan el aire, suelo, agua, vegetación, paisaje y las condiciones socioeconómicas de los trabajadores.

En este tipo de minería la explotación se inicia por lo general sin estudios previos de impacto ambiental o diseño de planes de manejo ambiental, por lo cual se desconocen inventarios bióticos, caracterización biofísica y caracterización de suelos para su posterior adecuación.

La no tecnificación de los hornos de calcinación en cuanto a diseño, construcción, localización y combustión genera diversos problemas de contaminación, tanto en el aire (generación de gases y material particulado) como en el suelo, debido a la falta de botaderos de estériles producidos en la calcinación y en los patios de almacenamiento.

El manejo ambiental implica costos que los pequeños mineros no están en capacidad de asumir, a causa de los bajos rendimientos económicos de este proceso y la falta de tecnificación; solamente unos pocos cumplen con los requerimientos de la autoridad ambiental y ejecutan algunas actividades de prevención y recuperación del área explotada.

En referencia a la parte socioeconómica de los trabajadores de la pequeña minería, éstos laboran en condiciones desfavorables, ya que no existen puestos de trabajo permanentes o que garanticen la estabilidad laboral, prestaciones sociales, condiciones de seguridad y salubridad adecuadas, e ingreso económico aceptable para ellos y su grupo familiar.

El incremento futuro en la demanda de cal y en la explotación de caliza requerirá el uso de procesos y tecnologías diferentes de los actuales, mediante la construcción de hornos de calcinación, eficientes y amigables con el ambiente, localizados en áreas apropiadas y distantes de centros urbanos. Se deben crear tecnologías limpias (por ejemplo, hornos eléctricos) para el proceso de calcinación que mejoren a la vez la calidad del producto final.

Usos, caracterización tecnológica y geoquímica de calizas y mármoles

El valor y uso de la caliza depende de su composición, expresada en el porcentaje de carbonato de calcio (CaCO_3) presente; las calizas altas en calcio son aquellas que contienen por lo menos 97% de CaCO_3 , las calizas medias contienen entre 78 y 97% de CaCO_3 , y las calizas bajas cuentan con un contenido inferior al 78% de CaCO_3 .

La caliza tiene múltiples usos, pero se utiliza principalmente como materia prima en la industria del cemento, en la industria farmacéutica, en concentrados para animales, pintura y como agregados pétreos. En forma de

cal, se emplea en la industria metalúrgica, en la industria alimenticia, en la industria agroquímica, en la elaboración de cosméticos y artículos de aseo, plástico, cerámica y vidrio, hule, papel, por destacar los más conocidos.

Uso y calidad en la industria del cemento

La industria del cemento es básica para la construcción de edificios y obras civiles, por cuanto fortalece el sector de la construcción como un notable indicador de la economía global.

El uso de la caliza como materia prima en la industria del cemento es fundamental, por lo que obliga a tratar este asunto de manera exclusiva, apartándolo de otros usos, y a ampliar la información específica sobre la calidad de tal producto.

Proceso

El proceso de fabricación del cemento se inicia con la trituración de la caliza proveniente de las canteras, en tamaños que alcanzan hasta un metro de diámetro; dichos bloques son reducidos por trituración en una o varias etapas, según sus características y tamaño, hasta obtener fragmentos cuyo tamaño máximo esté entre 5 y 10 mm.

La caliza así obtenida se lleva a los depósitos o patios de materia prima, donde se almacena o se mezcla con otros materiales (arcillas, margas o mineral de hierro); esta mezcla se lleva generalmente por transportadores de banda, puentes grúa u otro medio de transporte, a los molinos de pasta (vía húmeda) o de crudo (vía seca). Esta es la etapa que establece la primera gran diferencia entre los principales sistemas de producción de cemento: el proceso húmedo y el proceso seco.

Proceso vía húmeda

La molienda de las materias primas ya dosificadas se efectúa con adición de agua al molino, por lo que el material resultante es un lodo que recibe el nombre de pasta, con un contenido de humedad de aproximadamente 37%. Esta pasta es bombeada a silos de almacenamiento, los cuales son homogeneizados por aire a presión. Después de un tiempo de homogeneización, los silos se muestrean y las muestras se analizan químicamente para hacer las mezclas en grandes tanques llamados balsas, y mediante agitación mecánica se impide la sedimentación

En estas balsas se ajusta la calidad de la pasta de acuerdo con la calidad del clinker que se desea obtener, y cuando está lista se procede a alimentar los hornos. Un análisis típico de la composición promedio de la pasta se presenta a continuación (tabla 58).

Tabla 58. Análisis típico promedio de la pasta, harina y clinker

Material	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	CaCO ₃ (%)	H ₂ O (%)
Pasta	12,61	3,06	2,12	44,6	79,64	36,6
Harina	11,88	2,48	1,69	45,11	80,55	
Clinker	22,13	5,67	3,45	68,52		

Proceso vía seca

En este paso, la dosificación va precedida del secado de los materiales y la molienda se efectúa sin adición de agua, lo que da como resultado una harina que sale de los molinos, lista para alimentar los hornos, según la calidad del clinker que se desea obtener. Un análisis típico de la composición promedio de la harina se presenta en la tabla 58.

Los hornos de vía húmeda son tubos en acero de hasta 150 metros de longitud y hasta 5 metros de diámetro, inclinados, que giran sobre su eje lentamente, en los cuales se carga la pasta por la parte más alta. Internamente van revestidos de ladrillo refractario, para resistir altas temperaturas que se generan dentro de él.

La parte por donde se introduce la pasta se llama zona de secado, que es la de menor temperatura; lleva internamente una serie de cadenas, que facilitan el movimiento de la pasta, junto con la rotación e inclinación dentro del horno. En consecuencia, la pasta pasa de la sección de secado, donde pierde la humedad y se convierte en harina seca (unos 700 °C), a la sección de cocción o calcinación, con temperaturas superiores a 1200 °C.

La pasta, convertida en harina cocida, inicia su fundición y continúa su recorrido dentro del horno para llegar a la sección de clinkerización propiamente dicha, donde alcanza una temperatura de 1450 °C; allí se forma el clinker, que en este punto tiene las características y propiedades para el cemento, de acuerdo con la composición química establecida para ello.

A continuación, el clinker pasa a los enfriadores satélites o planetarios en algunos hornos o cualquier otro tipo de enfriador que tenga el horno. Los

enfriadores satélites son tubos de aproximadamente un metro de diámetro, revestidos con material refractario, pegados al horno por la parte externa y giran junto con él.

Por estos satélites circula el aire en contraflujo para la combustión del horno, y en la medida en que sirve de medio de enfriamiento del clínker se calienta, para que al mezclarse con el combustible utilizado mejore la combustión. Los gases producto de la combustión que circula en contraflujo con la pasta que se inyecta al horno permiten que todo el proceso ocurra dentro del horno, y finalmente pasan por un filtro que retira todas las partículas sólidas, para luego salir por la chimenea libre de ellas. Como combustible se pueden utilizar carbón pulverizado, *fuel oil* o gas natural.

El clínker se muestrea y analiza químicamente, y de acuerdo con su composición, se conocen las características que tendrá el cemento fabricado con él; un análisis típico de la composición promedio se presenta en la tabla 58

En el proceso vía seca, el horno es igualmente un tubo de acero revestido en su interior con ladrillo refractario, que gira con lentitud sobre su eje; el tubo es mucho más corto que el proceso vía húmeda, debido a que en él sólo ocurre la clinkerización, ya que el secado y la cocción suceden en los precalentadores verticales. El aire entra por la parte de mayor temperatura del horno (donde sale el clínker), el cual continuará su proceso de enfriamiento en un enfriador de parrilla o de otro tipo.

La harina se introduce por la parte alta de los precalentadores y a medida que desciende, por el contacto con los gases de combustión a alta temperatura, se calienta hasta alcanzar una temperatura superior a 1000 °C al llegar al horno, próximo a la calcinación y clinkerización.

El clínker tiene una composición química muy similar al obtenido por la vía húmeda y sus propiedades son también afines.

La principal diferencia entre el proceso de vía húmeda y el proceso vía seca radica en el menor consumo de energía en la vía seca y la eficiencia del proceso, ya que con hornos más pequeños se puede obtener mayor capacidad de producción; la desventaja está en la mayor inversión de capital en los hornos de vía seca.

El clínker obtenido por vía seca o por vía húmeda es el principal componente en la fabricación de cemento pòrtland; para que el cemento desarrolle todo su poder conglomerante, es necesario que se encuentre en

forma de polvo fino, pues sólo así puede efectuarse eficientemente la hidratación de sus partículas. Esta finura se obtiene por la molienda de clínker en molinos especiales, que pueden ser de varias clases, de tipo horizontal, con cuerpos molidores internos o verticales con rodillos.

A los molinos se les carga el clínker junto con yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), el cual se analiza químicamente como SO_3 , y de acuerdo con su contenido, se van a obtener diferentes tiempos de fraguado en el cemento (tabla 59). El tiempo de molienda debe ser el necesario para cumplir con los parámetros del ensayo físico de finura, denominado Ensayo Blaine (norma Icontec 33). Este cemento, que contiene únicamente clínker y yeso, se llama pòrtland (tabla 60).

Tabla 59. Tipo de cemento en relación con el tiempo de fraguado

Tipo de cemento	Tiempo de fraguado
Instantáneo	Hasta 5 minutos
Rápido	De 5 a 20 minutos
Normal	De 20 minutos a 3 horas
Lento	De 3 a 12 horas

Fuente: Protexa, 1967.

Tabla 60. Análisis típico de cemento comercial

Material	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	SO_3 (%)
Cemento pòrtland comercial	33,07	5,44	2,45	50,97	2,3

Fuente: Protexa, 1967.

Los demás componentes que aparecen en un análisis típico de cemento (MgO , K_2O , Na_2O , TiO_2 , MnO_2 , P_2O_5 y Cl), sumados, no deben sobrepasar el 2%.

Si se quiere algún otro tipo de cemento, se adiciona al molino el material correspondiente (escoria de alto horno, puzolana, ceniza, ladrillo, etc.), junto con el clínker y el yeso.

La calidad de la caliza es importante establecerla no sólo a nivel exploratorio, tanto en afloramientos como en profundidad, sino también durante todo el proceso productivo, como se tratará de demostrar trayendo a este texto lo afirmado en el relato de Rioclaro: “para la producción de cemento por vía seca, las características físicas más importantes de la caliza son el tamaño y la dureza. El tamaño de la partícula es muy importante en el proceso de clinkerización ya que se trata de reacciones en estado sólido donde es muy importante el área de transferencia que es función del tamaño. El grado de finura deseable en la harina se obtiene por operaciones previas de trituración y molienda que se controlan mediante análisis horarios.

Respecto a la dureza, ésta es una propiedad que varía según la calidad del material, considerándose en términos generales que la caliza de Rioclaro es moderadamente blanda. En la escala de Mohs, la dureza va desde 3 para la caliza alta (con alto porcentaje de CaCO_3) hasta cinco para las calizas silicosas.

Controles de proceso

El análisis químico, ya sea por rayos X o por absorción atómica, incluye la determinación de los cinco óxidos principales (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO) y la titulación con ácido clorhídrico para determinar el contenido total de carbonatos. El análisis de componentes menores se hace en casos especiales (por ejemplo, cuando la suma de los cinco óxidos es muy baja), ya que éste se ha realizado en la parte previa de exploración. Los resultados se entregan al encargado de planeación y diseño minero, quien realiza un cálculo de la composición promedia ponderada del banco. Esta información es muy importante para la identificación de la calidad de los materiales disponibles y la planeación de las actividades de cargue, transporte y trituración.

Trituración. En esta parte del proceso se elaboran dos tipos diferentes de pilas: de caliza alta y de prehomo. La pila de caliza alta se hace con material escogido según los resultados de los análisis de polvos de perforación, por lo cual el control durante la trituración es más bien una verificación de este muestreo.

Respecto a la pila de prehomogenización, el objetivo es obtener una mezcla que permita con un mínimo consumo de materiales correctivos en el molino, obtener una harina cruda y clinker con las especificaciones dadas.

Los parámetros para el control de la composición de la pila, se expresan normalmente mediante módulos que se calculan a partir de los porcentajes de óxidos, así:

Módulo de saturación de caliza = LSF

$$\text{LSF} = \frac{\% \text{CaO} \times 100}{2,8 \times \text{SiO}_2 + 1,18 \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65 \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{Módulo de sílice} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{Módulo de alúmina} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

Los valores fijados para la harina cruda son LSF = 108, MS = 2,6 y MA = 1,6; de acuerdo a estos los correspondientes a la pila son LSF = 130, MS = 2,0 y MA = 1,6; eso corresponde a la siguiente composición química aproximada:

SiO ₂	10-11,5%
Al ₂ O ₃	3,2-3,6%
Fe ₂ O ₃	1,9-2,1%
CaO	45-46%
MgO	0,5-1,0%

La corrección con caliza alta y esquisto en el molino, permite obtener los módulos deseados en la harina con un consumo moderado de estos materiales.

El control comienza con el diseño de la mezcla de acuerdo a las calidades de los materiales disponibles, utilizando el programa de simulación QCX al cual se deben entrar como datos las composiciones químicas y humedades de los materiales: caliza y arcilla. La caliza debe tener una composición especificada, pero puede provenir de la mezcla de dos o tres materiales de diferentes bancos; en este caso se necesitarían las características de cada uno y el programa calcula las proporciones en que se deben mezclar. También se deben incluir como datos, las restricciones de alimentación (toneladas/hora máximas y mínimas disponibles).

De acuerdo a los módulos fijados, el resultado es una dosificación de materiales en porcentaje y la composición teórica de la pila. La trituration

se inicia con estas consignas de alimentación que se comunican al personal operativo de trituración y se controlan con un formato específicamente dibujado, donde se ponen las cantidades de materiales alimentadas cada hora y se controla el porcentaje de componentes de la mezcla.

Las muestras llegan al laboratorio para análisis en el equipo de rayos X (QCX). El proceso de preparación incluye trituración, cuarteo, secado intermedio, pulverización, homogenización y molienda, hasta obtener un polvo que es prensado y analizado según una curva de calibración previamente elaborada con muestras patrón.

Con los resultados de estos análisis, los datos de porcentaje de humedad y de cantidades de materiales por hora, se hace un cálculo de la composición promedio de la pila, utilizando para ello una hoja de cálculo electrónica.

Los resultados diarios de la pila se utilizan para hacer una simulación de cómo sería el comportamiento en el molino. Si la pila aún no se ha acabado de elaborar y la simulación muestra un alto consumo de caliza alta, se puede corregir cambiando el material en trituración, seleccionando un frente de caliza alta; si por el contrario muestra un alto consumo de esquisto, indica deficiencia de SiO_2 que se puede corregir en la trituradora empleando caliza más silicosa. Si hay exceso de arcilla y por tanto Al_2O_3 y Fe_2O_3 altos en la pila, se informa a materias primas para que se rebaje el porcentaje de arcilla, variando la velocidad de la cinta alimentadora.

Otro control importante es la granulometría de la mezcla que afecta principalmente el trabajo eficiente y el desgaste del disco rascador que extrae el material de la pila para alimentar el molino de crudo” (Cemento Rioclaro, 1990: 51-58).

Tipos de cemento

Los principales tipos de cemento utilizados en la industria son:

Cemento pórtland puro

Se obtiene moliendo clínker con yeso sin ningún otro tipo de adición. Este cemento es especial para concretos de alta resistencia y para la industria petrolera. Comercialmente, es el más costoso.

Cemento de escoria de alto horno

Se obtiene mediante la molienda de clínker, yeso y escoria de alto horno. Es un cemento con resistencia menor que el pórtland puro, ya que depende de

la cantidad de escoria, la cual varía entre 15 y 35%. Comercialmente, este cemento es más económico que el cemento pórtland y uno de los más usados en construcción.

Cemento pórtland puzolánico

Se logra con la molienda de clínker, yeso y puzolana (15 al 35% de contenido de puzolana). Las características de resistencia y precio son similares al cemento escoria y es también de los más empleados en construcción.

Cemento aluminoso

Para este cemento se produce clínker especial, libre de Fe_2O_3 , el cual se sustituye con Al_2O_3 , aportado por arcillas especiales ricas en aluminio o bauxita; luego este clínker aluminoso se muele con yeso y caolín u algún otro material blanco. Es de baja resistencia y se usa especialmente en mampostería de baños, clínicas, hospitales, etc., y aunque es de baja resistencia, tiene alto costo por la utilización de clínker especial.

Cemento siderúrgico o supersulfatado

Se obtiene moliendo escoria de alto horno con yeso, cal hidratada y pequeñas cantidades de clínker; su baja resistencia limita el uso a obras de mampostería.

Cemento de albañilería o de mampostería

Se consigue al moler puzolana, caliza, yeso y pequeñas cantidades de clínker. Es de baja resistencia, bajo costo y su empleo está limitado a obras de mampostería.

Estos dos últimos tipos de cementos no se producen en Colombia, aun cuando son muy económicos, debido a que pueden utilizarse incorrectamente en construcción.

Calidad de la caliza

La calidad de la caliza para fabricar cemento, ya sea como pasta (vía húmeda) o como harina (vía seca), debe contener, además del carbonato de calcio, óxidos de sílice, hierro y aluminio, necesarios para que se combinen en el momento de la clinkerización, de los que finalmente dependen las propiedades y características del cemento.

Los componentes de la caliza, como óxidos necesarios en la composición del clínker, tienen los rangos señalados en la tabla siguiente (tabla 61).

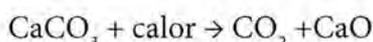
Adicionalmente, se encuentran otros óxidos en pequeñas cantidades (MgO, SO₃, K₂O, Na₂O, TiO₂, MnO₂, P₂O₅ y Cl), los cuales son más inconvenientes que necesarios para la calidad del cemento, pero siempre están presentes como aporte de la caliza, el mineral de hierro, las margas y las arcillas.

Tabla 61. Óxidos necesarios en la composición del clínker

Óxido	Porcentaje
CaO	40-54
SiO ₂	2 a 15
Al ₂ O ₃	2 a 4
Fe ₂ O ₃	1 a 6

Usos como cal (CaO, Ca (OH)₂) y como carbonato de calcio (CaCO₃)

El producto de la calcinación del carbonato de calcio a temperaturas entre 1000 y 1100 °C se denomina cal (Ingeominas, 2010); esta operación se realiza en hornos intermitentes por porciones continuas y su proceso, en términos generales, se rige por la siguiente reacción.



El proceso de producción de la cal comprende las etapas de extracción, trituración, calcinación de la caliza, enfriamiento, inspección, cribado, y pulverización, hidratación y empaque.

Extracción

Comprende la extracción de la roca (piedra caliza), según el método de explotación mediante el uso de explosivos, carga y acarreo a planta de trituración.

Trituración

En esta etapa, la caliza pasa por un proceso de fragmentación que arrojará como producto trozos de menor tamaño que serán calcinados. La trituración secundaria se realiza cuando se requieren fragmentos de menor tamaño, según la industria en la que se quiera usar.

Calcinación

En esta etapa, las rocas (caliza) pierden bióxido de carbono al ser sometidas a calcinación y se produce el óxido de calcio (cal viva). Es importante que el tamaño de la roca sometida a calcinación sea homogéneo, para que la calcinación se haga en forma efectiva y por completo en todos los fragmentos.

Enfriamiento

El proceso de enfriamiento se efectúa bajo techo, para que la cal se pueda manejar.

Inspección. Este proceso consiste en la inspección cuidadosa de muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar.

Cribado

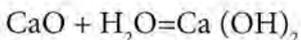
Se separa la cal viva en trozos y en guijarros de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización.

Trituración y pulverización

Este paso se realiza con el objeto de reducir el tamaño y así obtener cal viva molida y pulverizada, la cual es separada de la enviada al proceso de hidratación.

Hidratación o apagado

Consiste en agregar agua a la cal obtenida del horno, ya sea éste rotatorio, vertical, de producción continua o por volumen determinado, para obtener la cal hidratada o apagada (hidróxido de calcio). Esto ocurre por la siguiente reacción:



Empaque

La cal es llevada a una tolva de envase, introducida en sacos y transportada a través de bandas, hasta el medio de transporte que la conducirá al cliente.

La cal, sea viva o hidratada, es reconocida en el mundo como el “químico versátil” debido a sus infinitas aplicaciones, aunque tradicionalmente su uso ha estado asociado a la edificación y la agricultura. Actualmente, un alto porcentaje de la cal producida en el mundo se emplea como químico básico natural en la industria, ecología, como aglomerante, materia prima,

hidrolizador, absorbente, solvente, neutralizador, floculante, fundente, lubricante, caustificante y deshidratador.

Uso y calidad en la industria agroquímica

En la industria agroquímica se utiliza la cal para acondicionar el suelo, corregir la acidez, mejorar las propiedades químicas y biológicas y la fijación simbiótica del nitrógeno en las leguminosas; incrementa también la efectividad de ciertos herbicidas y reduce la toxicidad de algunos elementos minerales al reponer las sales que se pierden en los suelos por lixiviación; así mismo, facilita la absorción de nutrientes mediante la disolución de los existentes en los suelos en forma insoluble.

En la producción de cal agrícola, se usan calizas con contenidos bajo o medio de CaCO_3 , las cuales normalmente se desprecian en la explotación de calizas para las industrias cementera y metalúrgica y son depositadas como relleno de los botaderos de las grandes canteras.

Las calizas bajas en CaCO_3 suplen su deficiencia con óxidos de otros elementos, como Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , MgO , MnO_2 , K_2O , Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 y Cl .

Esta condición genera una expectativa para la producción de cal, de tal modo que se podría pensar en trabajar mancomunadamente productores de cemento, productores de hierro y productores de cal, lo cual redundaría en economía para ambos sectores y un mejor aprovechamiento del recurso.

Uso y calidad en la industria metalúrgica

El óxido de calcio (cal viva) en la industria metalúrgica se utiliza especialmente en la producción de acero, en la fabricación de magnesio y alúmina, en flotado de metales y en la fundición de metales no ferrosos.

Como fundente, en la fundición y refinación del hierro y otros metales, como aglomerante de mena de hierro, ya que proporciona el óxido de calcio (cal viva), que al combinarse con las impurezas de sílice, alúmina, fósforo y azufre, forman una escoria que se puede separar del metal fundido.

Se utiliza también en la mayoría de los procesos de fabricación de magnesio, para eliminar la sílice proveniente de la bauxita y para procesos de caustificación en manufactura de alúmina.

En flotación, su uso se basa en la recuperación de metales no ferrosos, mercurio y xanatos, al igual que oro y plata, y para el control de acidez (pH);

así mismo, en flotación de zinc, níquel y en la concentración de fosfato rocoso en procesos de flotación, precipitando fluoruros.

Adicionalmente, neutraliza vapores nocivos en fundición y refinamiento de metales no ferrosos, y como fundente en la manufactura de bajo carbono y ferrocromo.

Para esta industria se requiere cal obtenida de calizas con contenidos de CaCO_3 mayores del 97%. Complementariamente, el contenido de SiO_2 debe ser inferior al 2%, ya que este componente disminuye la calidad del acero.

Uso y calidad en la industria del vidrio

El vidrio se obtiene de la fusión a 1500°C de sílice (SiO_2), carbonato sódico (NaCO_3) y carbonato de calcio (CaCO_3), y se utiliza principalmente como neutralizante de ácidos. La caliza facilita el trabajo de las máquinas que le dan forma al vidrio.

Se emplean calizas de contenido superior al 97% de carbonato (CaCO_3).

Uso y calidad en la industria alimenticia

En la industria alimenticia se utiliza para neutralizar o reducir la acidez antes de la pasteurización, en la producción de mantequilla y en la fabricación de derivados de la leche, los cuales son comercializados como una medicina o acidificados para producir ácido lácteo. De igual manera, se emplea en los procesos de almacenamiento y conservación de frutas y vegetales frescos.

Uso y calidad en la industria azucarera

En la industria azucarera, la cal se usa para remover los materiales fosfáticos y ácidos orgánicos indeseables, así como para la refinación de azúcar de remolacha y azúcar de caña.

En la producción de azúcar de caña, en el crudo de los jugos de azúcar calentado a 95°C , se reactiva mediante el uso de cal diluida, formando sucarato de calcio insoluble, el cual es filtrado para retirar materiales fosfáticos y ácidos orgánicos; posteriormente, el sucarato de calcio reacciona con dióxido de carbono, produciendo sacarosa y carbonato de calcio.

Uso y calidad en la industria del papel

En esta industria, el carbonato de calcio le proporciona al papel blancura, opacidad, textura uniforme y alto grado de porosidad, fuera de que le asegura durabilidad por su grado de alcalinidad.

El sulfato se utiliza como agente cáustico en las plantas de papel kraft, convirtiendo el carbonato de sodio (Na_2CO_3) con el uso de cal viva (CaO). Se usa igualmente en la preparación de sulfito de calcio, en la preparación de hipoclorito de calcio, en la manufactura de cartón de paja y en el tratamiento de desperdicios de pulpa y papel molido, como coagulante para remover el color; también como acondicionador para filtrado y como agente neutralizante, entre otros usos.

Uso y calidad en la industria de jabones y detergentes

En esta industria, el carbonato de calcio se usa como relleno mineral para lograr una alta retención de humedad, mejorar la consistencia y secado de la masa final, optimizar el aspecto de los jabones y controlar el peso final del producto. Además, no altera las propiedades físicas y químicas de los productos jabonosos, ni la viscosidad de la mezcla.

El carbonato de calcio mejora la acción de limpieza de jabones y detergentes debido a un adecuado grado de abrasión; las fibras textiles no lo retienen, por lo que no daña la ropa, puesto que no contiene sílice en estado libre.

Uso y calidad en la industria de hules y plásticos

En la industria de hules y plásticos se aprovechan las características y propiedades del carbonato de calcio, así:

- Alta pureza, que permite un efecto catalítico adverso en el envejecimiento de los polímeros.
- Alto grado de blancura.
- Bajo índice de refracción, con lo que se logran tonos pastel y blancos.
- Baja abrasión, mejorando el tiempo de vida de las máquinas y equipos.
- Buena dispersión (particularmente en los grados recubiertos) y relativo bajo costo.

Igualmente, se emplea en la producción de PVC plastificado, plásticos de PVC, PVC rígido, polipropileno, polietileno, resinas de poliéster no saturadas; su uso en compuestos de poliéster no saturado (SMC, VMC, TMC) brinda a las partes terminadas excelentes propiedades físicas y de superficie.

Uso y calidad en la industria del caucho

El carbonato de calcio se utiliza en la producción de cauchos naturales y sintéticos; mantiene la flexibilidad, aumenta la resistencia a la torsión y a la tracción, y mejora las características mecánicas y eléctricas del caucho, reduciendo costos.

Los carbonatos disminuyen el envejecimiento del caucho, la fatiga del material, no cambian su aspecto, no lo calientan y le evitan rupturas; su consistencia y su alta pureza química permiten usarlo en los rellenos minerales independientemente o mezclados, dependiendo de la formulación de resina y de las necesidades del usuario. Los carbonatos tienen la ventaja de bajar el costo de las resinas.

Uso y calidad para tratamiento de aguas

El carbonato de calcio se emplea en el tratamiento de aguas de desecho, pues mantiene el apropiado pH para una eficiente oxidación biológica de las aguas de desecho urbanas e industriales.

Se utiliza para eliminar olores desagradables en la estabilización de lodos de aguas de desecho y junto con el cloro férrico se usa como filtro auxiliar en el acondicionamiento del lodo y la clarificación final del efluente.

En el tratamiento de desechos industriales, especialmente en las plantas fabricantes de acero y metal, el desecho del ácido sulfúrico base, proveniente del baño químico, se neutraliza con cal.

En plantas sin chimenea de pólvora y pertrechos, neutraliza los concentrados de ácido sulfúrico en los desechos.

Los drenajes altamente ácidos de las minas de carbón se neutralizan con piedra caliza triturada.

Uso y calidad en la industria farmacéutica

En la industria farmacéutica se utiliza como fuente de calcio, en antibióticos y en otros medicamentos; se emplea además como relleno inerte en algunas píldoras (aspirinas, hexamina, ácido glucorónico, vitaminas C, D3 y B1). Así mismo, se usa en cosméticos, artículos de aseo, y como base para cremas, polvos y pastas dentales.

Para su utilización en esta industria, se requiere la ausencia de As, Pb, Hg, y bajo contenido en Fe y otros metales pesados; se usan calizas de contenido superior a 99% de CaCO_3 .

Uso y calidad en la nutrición animal

El carbonato de calcio en nutrición animal se utiliza para mejorar los rendimientos de todo tipo de alimento para animales; la integridad de la cáscara del huevo de las gallinas ponedoras y la fortaleza ósea de todos los animales son claves para la producción de carne y huevos de calidad. Se pueden usar calizas de contenidos medio y bajo de CaCO_3 .

Uso y calidad en la industria de pinturas

En esta industria, el carbonato de calcio proporciona mayor cobertura, aumentando así el rendimiento en pinturas de alta calidad, sintéticas de aceite y en otros revestimientos; por su gran blancura, no interfiere en el color de la pintura, contribuye a su opacidad y a que la pintura cubra uniformemente las superficies.

Igualmente, se emplea en sistemas de recubrimientos y pinturas para lograr un intenso brillo, con alta velocidad de incorporación y buenas propiedades de superficie en sistemas, a base de solvente y agua.

El carbonato de calcio brinda a las pinturas un tratamiento superficial, que hace que sus partículas sean hidrofóbicas, de manera que incrementen su compatibilidad en un medio orgánico, facilitando su dispersión.

El carbonato de calcio tiene gran aplicación como carga en pinturas a base de agua y de solvente, y se utiliza extensivamente en pinturas, donde se busca balancear las propiedades ofrecidas por cargas más finas y más gruesas.

Uso y calidad como agregados pétreos

Los materiales pétreos comprenden desde la simple roca, usada históricamente como bloques para construir muros y columnas, hasta las gravas y arenas utilizadas hoy en día en concretos, morteros y pavimentos (Ingeominas, 1985). En este grupo se incluyen, además de los materiales calcáreos, arcilla, puzolana, arenas silíceas y yeso.

Agregados pétreos estructurales son todos aquellos materiales rocosos que, debidamente fragmentados y clasificados por tamaño, se emplean en la industria de la construcción.

La caliza se utiliza bastante como roca fragmentada en estabilización de suelos y carreteras, como relleno de asfalto, como agregado incluido en el concreto, como balasto en el ferrocarril, como gránulos y estuco; en vías, es de gran utilidad, ya que estabiliza terraplenes, mejora subbases, sella grietas

y aumenta la resistencia de los suelos en los planos debilitados; en mezcla de materiales, para bases y subbases en la construcción de caminos.

De igual manera, se usa cal viva para secar los suelos húmedos y mejorar los suelos arcillosos, pues el calor liberado por la reacción de la cal viva en presencia del agua se utiliza para secar rápidamente suelos húmedos. Así mismo, la cal viva, la cal hidratada y la lechada de cal neutralizan los suelos arcillosos, mejorando sus características mecánicas.

Cuando se usa como roca (rajón), se pueden emplear calizas de contenido bajo y medio de carbonato de calcio, siempre y cuando tengan alta resistencia para que, en contacto con el agua, no se disuelvan; por tal razón, pueden tener uso muchas de las calizas que se desechan en los botaderos de las plantas productoras de cemento, mármol y siderúrgicas.

Uso como roca ornamental y revestimiento

Su definición como roca ornamental y revestimiento parte más del uso extendido como materiales lapídeos útiles para el revestimiento exterior de muros y fachadas o zonas de intenso tráfico, tales como escaleras o rellanos (Rodríguez, 2002).

En Colombia existe una terminología especial para los materiales pétreos, según los tamaños sanos o exentos de fracturas o deterioros que se obtengan por laboreo mecánico o manual, como piedra songa, piedra de primera, retal y triturados de tercera o segunda; la grava, gravilla o arena son considerados fragmentos de tamaños menores.

Los criterios utilizados para establecer el valor comercial de las piedras ornamentales, además de la dureza, son la tenacidad, resistencia a dejarse romper, desgarrar o doblar por la acción de un esfuerzo.

Entre las rocas que ofrecen mayor interés para su uso como piedras ornamentales, una vez cortadas y brilladas, están los granitos, sienitas, pórfidos, porfiritas, el travertino y el mármol; las pumitas y calizas son consideradas de menor importancia.

El mármol se ha definido técnica y comercialmente como un material que posee propiedades físicas, mecánicas y técnicas para su excelente utilización en la industria de la construcción; la fase de explotación en la industria del mármol tiene el carácter más importante, pues mediante un método adecuado y con el empleo de equipo mecánico moderno se alcanza la explotación racional del yacimiento, con economía en los costos. El mármol tiene diferentes usos: en edificios, monumentos, arte funerario y artesanía, entre otros.

La infraestructura de transporte de Colombia es fundamental para desarrollar proyectos mineros que permitan dar un impulso significativo a la producción de minerales como la caliza y el mármol, ya que para esto necesita acoplar la utilización de carreteras, líneas ferroviarias compartidas, combinación de carretera-línea ferroviaria, combinación de carreteras-río y ferrocarril-río. A continuación se describen las principales características del sistema de transporte actual, y los proyectos viales que pueden constituirse en un factor que dinamice y potencie la minería de la caliza y el mármol en Colombia.

Modo carretero

La red de carreteras del país está constituida por aproximadamente 164.000 kilómetros (figuras 103 y 104).

El Instituto Nacional de Vías (Invías) clasifica el estado de las vías en dos categorías: red pavimentada y red afirmada (no pavimentada); posteriormente se muestra el porcentaje de cada red, clasificado como bueno, regular y malo (figuras 105, 106, 107 y 108). Sin embargo, durante el año 2010, por el intenso invierno registrado en el país, es muy posible que disminuyera significativamente estos índices por la destrucción de tramos considerables de la red vial nacional.

Uno de los proyectos que han contribuido a mejorar el estado de la red vial nacional es el de las concesiones viales, administrado por el Instituto Nacional de Concesiones (Inco). Otro proyecto que incidió en el mejoramiento fue el Plan 2500, gracias al cual se pavimentaron más de tres mil kilómetros en sus años de ejecución y que hoy se encuentra en su etapa final.

La red primaria la constituyen grandes troncales, a cargo de la nación o de concesiones, con una longitud de 16.676 kilómetros. Las redes secundarias y terciarias tienen una longitud de aproximadamente 147.500 kilómetros y están constituidas por las carreteras que articulan las cabeceras municipales con la red primaria; comunican a los municipios entre sí y las veredas o corregimientos entre sí o con sus cabeceras municipales. El 73% se encuentra a cargo de las entidades territoriales, el 18,7% es de competencia de la nación, por intermedio de la Subdirección de la Red Terciaria y Férrea del Inviás, y el 8,3% es del sector privado.

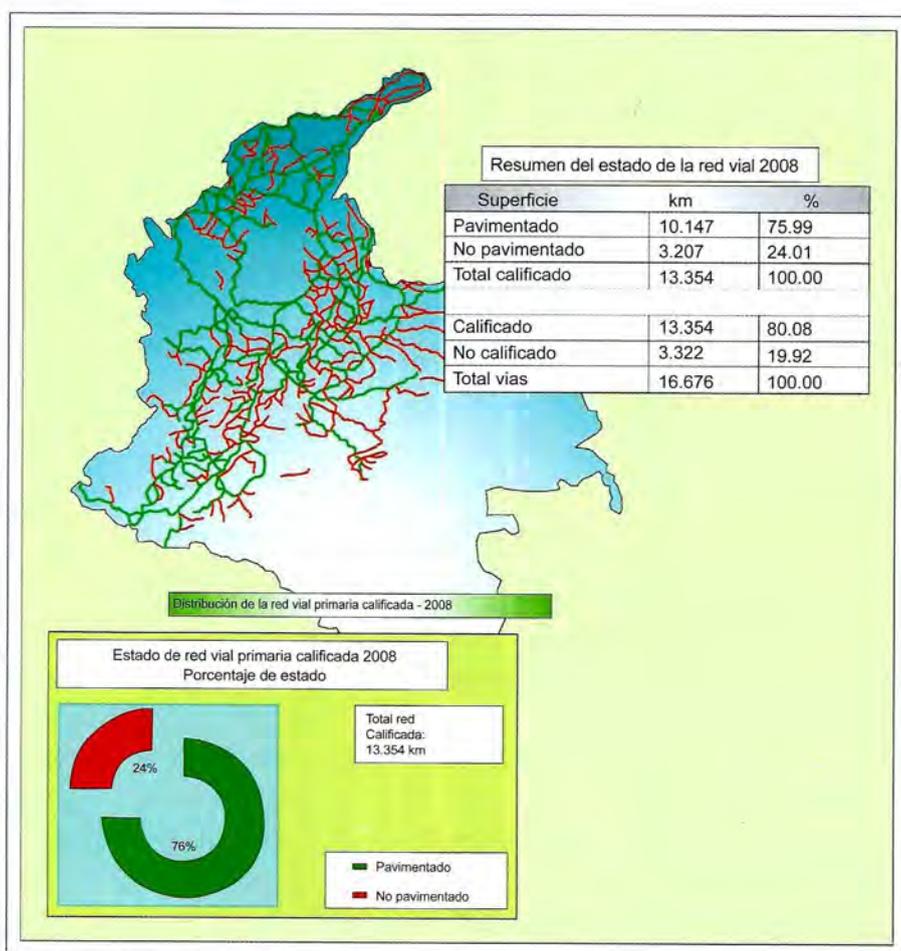


Figura 103. Estado de la red vial nacional.

Fuente: Inviás, 2008.

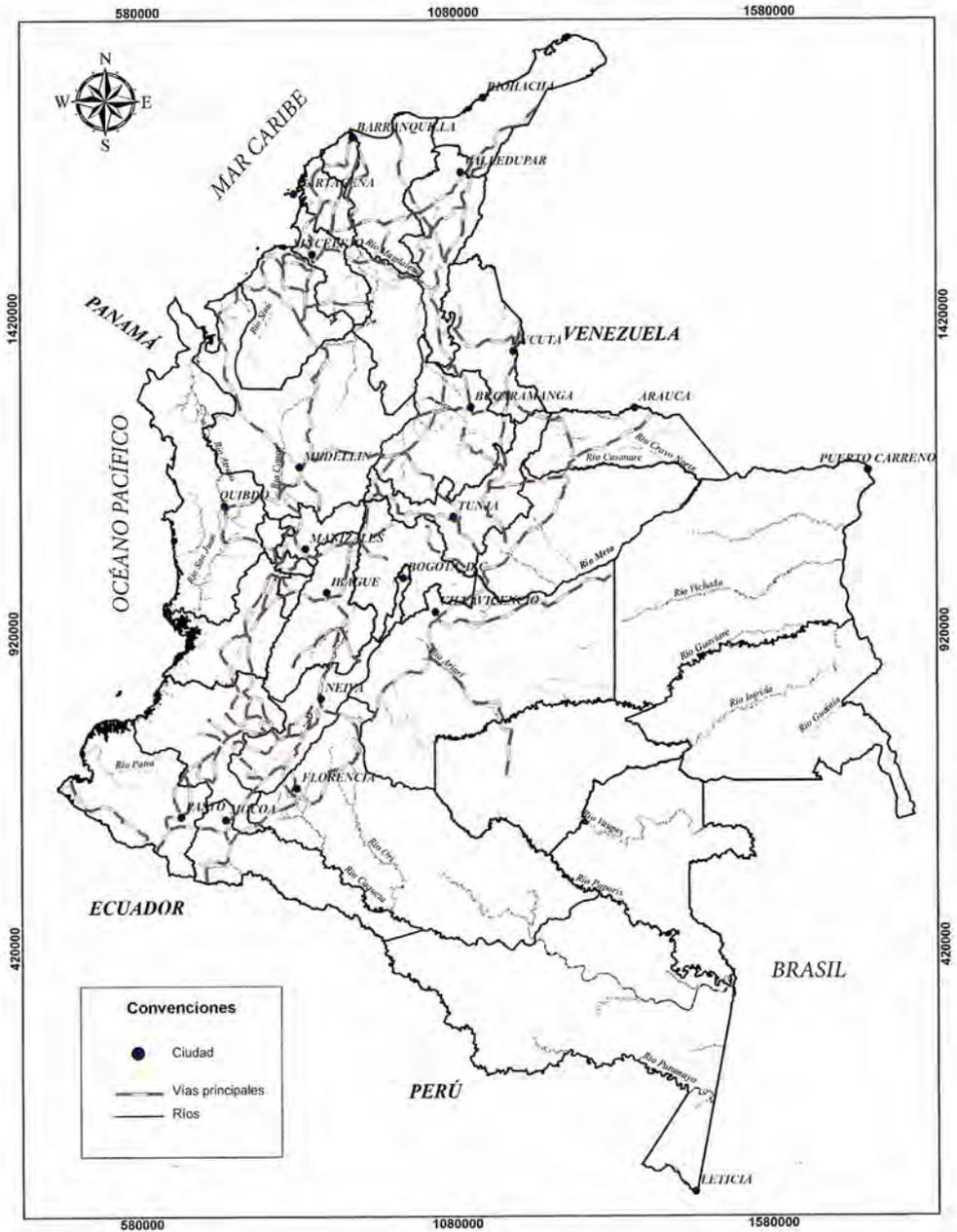


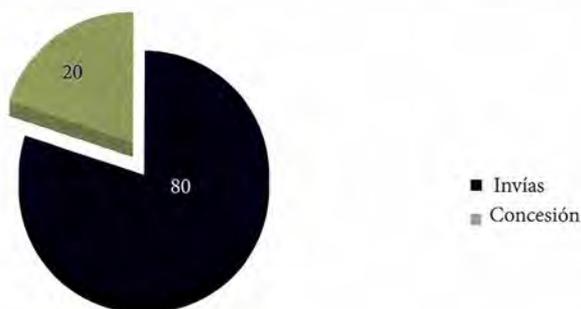
Figura 104. Mapa de la red vial.

Fuente: Invías, 2006.

Figura 105. Distribución de la red nacional de carreteras (2008).

Tipo de red	Longitud Total (km)	Distribución (km)	Entidad Encargada
Red primaria	16676	13276	Invías
		3400	Concesión
Red Secundaria y Terciaria	147507	72761	Departamentos
		34918	Municipios
		27577	Invías
		12251	Privadas

Fuente: Invías, Inco, Dirección de Infraestructura (Ministerio de Transporte).



Distribución de la red primaria (%)



Distribución red secundaria y terciaria (%)

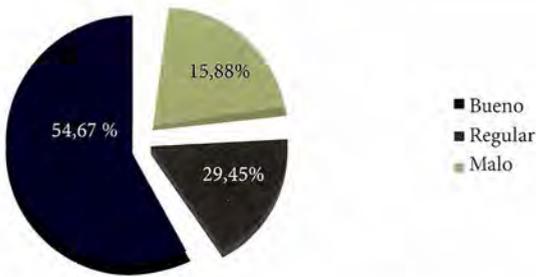


Figura 106. Estado de la red vial nacional (Julio de 2009).
Fuente: Inviás.

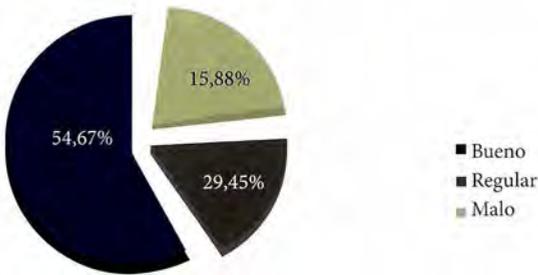


Figura 107. Estado de la red vial pavimentada (Julio de 2009).
Fuente: Inviás.

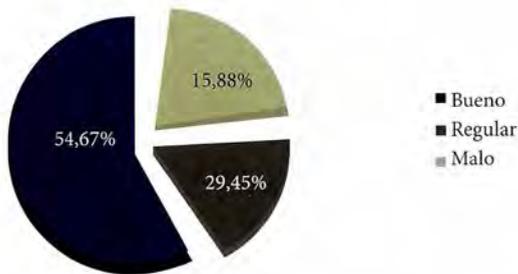


Figura 108. Estado de la red vial no pavimentada.
Fuente: Inviás.

Por mandato constitucional, en el país se empezó a implementar un esquema de descentralización de la administración pública, a partir del cual se inició el proceso de transferencia de las vías secundarias a los departamentos. En 1994 se dio comienzo a la transferencia de las carreteras terciarias a los entes territoriales al pasar 7862 kilómetros y resta por transferir 27.577 que aún en este momento están a cargo del Instituto Nacional de Vías. No obstante, no ha sido posible continuar este proceso de descentralización, ya que no se cuenta con recursos presupuestales para tal efecto.

Durante los últimos años, las inversiones han estado dirigidas al mantenimiento y conservación de la red existente, razón por la cual la expansión de la red rural es mínima.

Concesiones

El gobierno, por intermedio del Instituto Nacional de Concesiones, entidad pública adscrita al Ministerio de Vías y Transporte, realiza contratos de concesión de obra pública con el objetivo de desarrollar la infraestructura de transporte en proyectos vitales para el país en los modos carretero, férreo, portuario, fluvial y marítimo; tales contratos se hacen con capital de empresas nacionales o extranjeras, las cuales recuperan su inversión a través de garantías del Estado, subsidios y peajes (tabla 62).

Tabla 62. Concesiones actuales vigentes (2009)

Concesiones actuales vigentes	
1	Desarrollo vial del norte de Bogotá
2	Autopistas del Café
3	Santa Marta-Riohacha-Paraguachón
4	Bogotá-Villavicencio
5	Girardot-Espinal-Neiva
6	Malla vial del Valle del Cauca y Cauca
7	Briceño-Tunja-Sogamoso
8	Pereira-La Victoria
9	Zona Metropolitana de Bucaramanga
10	Girardot-Ibagué (Cajamarca)
11	Ruta Caribe
12	Fontibón-Facatativá-Los Alpes
13	Cortijo-La Punta-El Vino
14	Cartagena-Barranquilla
15	Malla vial del Meta
16	Desarrollo vial del oriente de Medellín
17	Zipaquirá-Palenque
18	Bogotá-Girardot
19	Rumichaca-Pasto-Chachagüí
20	Área Metropolitana de Cúcuta
21	Córdoba-Sucre

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Proyectos estratégicos

La red de carreteras a cargo de la nación comprende 16.676 kilómetros, de los cuales se calificaron 13.354 (80,08%); de éstos, están pavimentados 10.147 kilómetros, que corresponden al 75,99% de la red calificada y al 60,85% de la red primaria total inventariada, y 3207 kilómetros no pavimentados (en afirmado), equivalentes a 24,01% de la red calificada y al 19,23% de la red primaria inventariada.

Ruta del Sol

Este proyecto, que comprende una longitud total origen-destino de 1071 kilómetros (figura 109), se encuentra en fase de construcción.

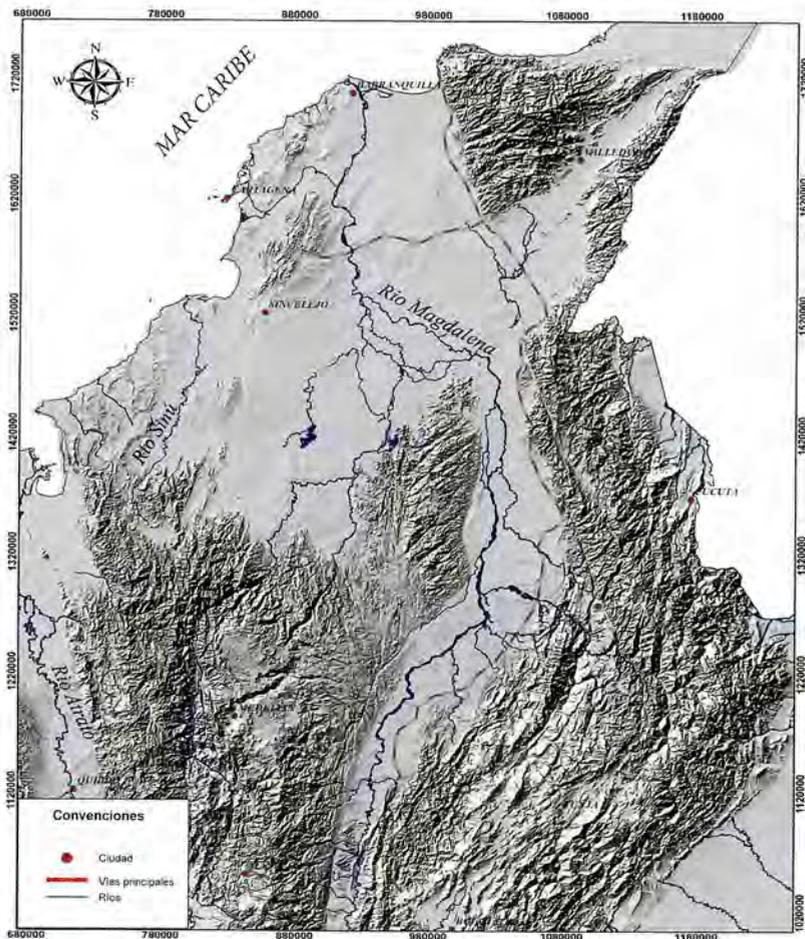


Figura 109. Trayecto de la Ruta del Sol.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Es uno de los proyectos de mayor envergadura emprendidos por el gobierno nacional, con el formato de concesión privada; contempla la rehabilitación y expansión de la vía principal de conexión entre el interior del país y la costa Caribe, e incluye actividades sobre 993 kilómetros de carretera existente y la construcción de un nuevo tramo de aproximadamente 78 kilómetros. Comienza en el municipio de Villeta, a unos 70 kilómetros al noroeste de Bogotá, y concluye 21 kilómetros al sur del puerto de Santa Marta, al enlazar con otra carretera también concesionada.

El proyecto cruza 39 municipios en ocho departamentos, los cuales representan en forma agregada un elevado porcentaje del producto interno bruto (PIB) nacional. Recibirá tráfico de grandes zonas urbanas y productivas del país, como Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga, a través de vías de interconexión, varias de las cuales ya están concesionadas.

Programa estratégico de autopistas fase I-Proesa I

Este programa complementa proyectos que en materia de infraestructura vial lleva a cabo el gobierno nacional, enfocados hacia la consolidación de los corredores de comercio exterior. Se incluyen los siguientes proyectos viales (tabla 63):

Tabla 63. Proyectos viales

Proyecto vial	Longitud (km)	Proyecto vial	Longitud (km)
Construcción segunda calzada entre Calarcá y Cajamarca	23,7	Construcción del Túnel II Centenario	8,8
Construcción segunda calzada entre Cisneros y Citronela, sector Buga-Buenaventura	40	Mejoramiento y rehabilitación de los corredores arteriales de competitividad	1422
Construcción segunda calzada Bucaramanga-Cúcuta (Corredor de Competitividad)	83	Construcción segunda calzada Ancón Sur-Primavera-Camilo C- Bolombolo Básico: 23,3 km; condicionado	31,9
Construcción de una calzada de la vía alterna al puerto de Santa Marta, sector quebrada El Doctor -Glorieta Mamatoco	17,6	Segunda calzada Ye de Ciénaga-Santa Marta (intersección Mamatoco)	9,5
Ruta del Sol	1071	Variante San Francisco-Mocoa	45,6

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Para el Programa Estratégico de Autopista Fase 1-Proesa I, el Ministerio de Transporte y el Inco han identificado y priorizado tres proyectos de concesión con una longitud de 4384 kilómetros, que tienen un impacto directo sobre la productividad y competitividad del país y que pueden desarrollarse en el marco de Proesa I: transversal de las Américas, autopista de la Montaña y autopista Bogotá-Villavicencio.

Proyectos en proceso de estructuración

Conpes 3612 de 2009, Programa Estratégico de Autopistas (Proesa) (fase I). Autopista de las Américas (antes denominada Marginal del Caribe). Ruta que permitirá la conexión entre Venezuela y Panamá, pasando por la costa atlántica colombiana, y que se interconectará con la autopista de la Montaña, dirigida al interior del país.

Descripción técnica

Este proyecto integra seis concesiones actuales para la construcción de segundas calzadas y mejoramiento de las carreteras existentes en la costa atlántica (tabla 64).

Tabla 64. Concesiones del proyecto Autopista de las Américas

Concesión	Concesión
Córdoba–Sucre	Ruta Caribe
Cartagena-Barranquilla	Barranquilla-Tasajera
Tasajera-Ciénaga-Mamatoco	Santa Marta-Riohacha-Paraguachón

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Autopista de la Montaña (Puerto Berrío-Valle de Aburrá, y Primavera-La Manuela). Es la vía de conexión de Antioquia con Bogotá, la costa atlántica, los departamentos del eje cafetero y las concesiones viales autopista de las Américas y Ruta del Sol, lo cual permite la conexión del tráfico proveniente del sur y del occidente del país con el océano Atlántico.

Descripción técnica

Construcción, rehabilitación, ampliación, operación y mantenimiento de 900 kilómetros de infraestructura vial, proyecto que va a llevar a cabo Interconexión Eléctrica S.A. (ISA) para promover el desarrollo en la región y mejorar su competitividad.

Doble calzada Bogotá-Villavicencio

Este proyecto consiste en la construcción de la doble calzada en un tramo de 45,5 kilómetros.

Modo férreo

Colombia tiene una red férrea de 3468 kilómetros de trocha angosta (914 mm) (figura 110), de los cuales 1991 son corredores concesionados o en vías de concesión; aproximadamente 1322 kilómetros están inactivos y 150 kilómetros están a cargo de particulares o en comodato (línea privada del Cerrejón).

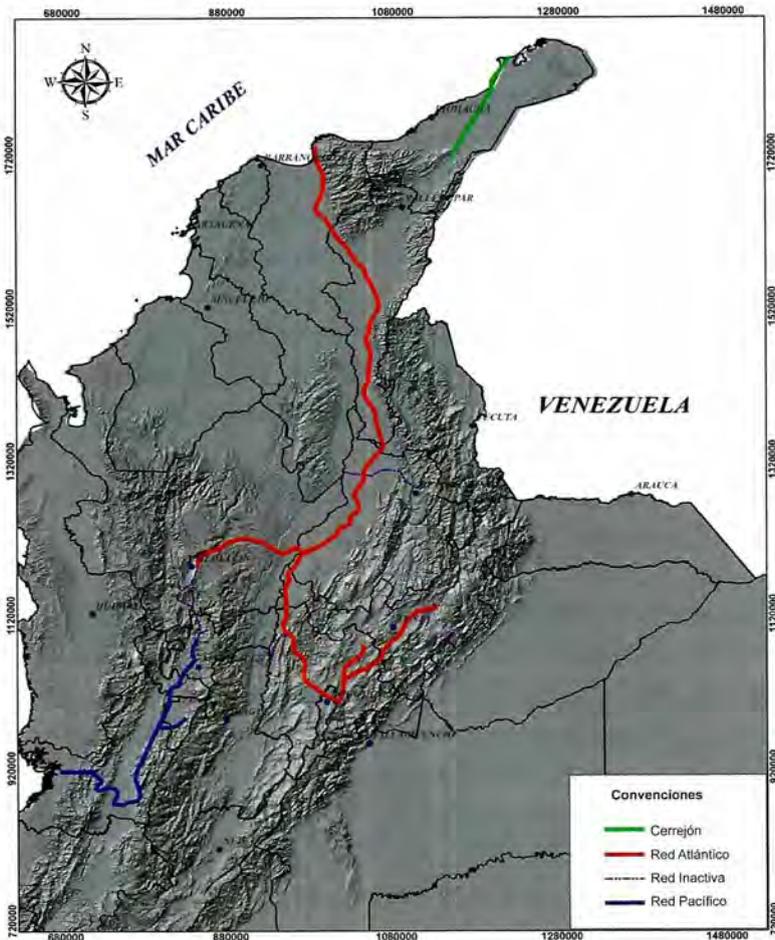


Figura 110. Red férrea nacional.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

La red vial inactiva presenta unas condiciones que impiden la operación con un mínimo nivel de servicio, entre las cuales pueden citarse estabilidad de terraplenes, mal estado de las traviesas, alineamientos geométricos, nivelación, drenajes, perfilado de balasto y maleza, por lo cual se requiere efectuar estudios económicos, técnicos y ambientales para su recuperación.

Esta red tiene 221 estaciones, de las cuales 65 están inactivas, 23 están arrendadas, 39 en comodato, 41 destruidas, 13 sin información, 2 libres y 30 en concesión.

Concesiones

Las concesiones de la red férrea en el país y los contratos de la línea del Atlántico y del Pacífico tuvieron su inicio en el año 2000.

La concesión del Atlántico (figura 111), con una extensión de 1493 kilómetros, rehabilitó gran parte de la red férrea desde Santa Marta hasta La Dorada; sin embargo, presentó inconvenientes en la demanda, que obligaron al concesionario y al gobierno nacional a llegar a un acuerdo mediante el cual finalmente los carboneros, encabezados por Glencore y Drummond, le compraron a Fenoco la concesión, y quedó a cargo exclusivamente de la operación de la línea y construcción de una segunda línea, en el tramo de Chiriguáná a Santa Marta con una longitud de 245 kilómetros; los restantes kilómetros fueron desafectados y forman parte del sistema ferroviario central, el cual se encuentra en licitación.

La concesión del Pacífico (figura 112), que permitirá conectar a Buenaventura con La Felisa (en el eje cafetero), tendrá una extensión de 498 kilómetros. Actualmente la administra Ferrocarril del Oeste.

Proyectos estratégicos

Concesión del Carare

Esta línea de ferrocarril se proyecta para transportar la producción de carbón de Cundinamarca, Boyacá y Santander, hasta el río Magdalena.

La línea férrea constará de dos ramales, uno que proviene de Cundinamarca (existente) y otro de Boyacá, los cuales se unirán en Barbosa (Santander); de allí el tren seguirá su ruta hasta el sector de La Vizcaína, desde donde se podrá conectar con el río Magdalena y con el Ferrocarril del Atlántico, lo que brindará la posibilidad de llegar a los puertos del mar Caribe.

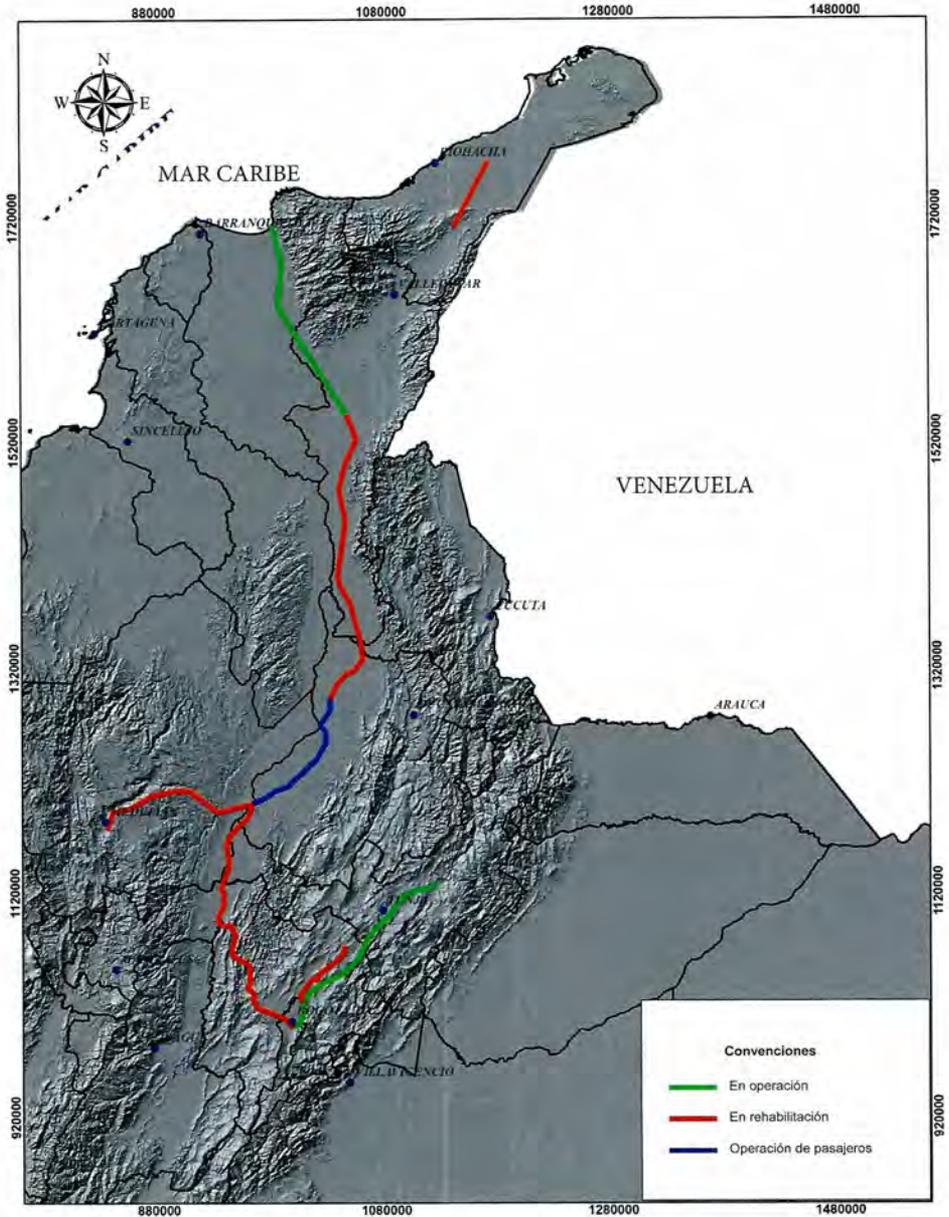


Figura 111. Mapa concesión red férrea del Atlántico.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

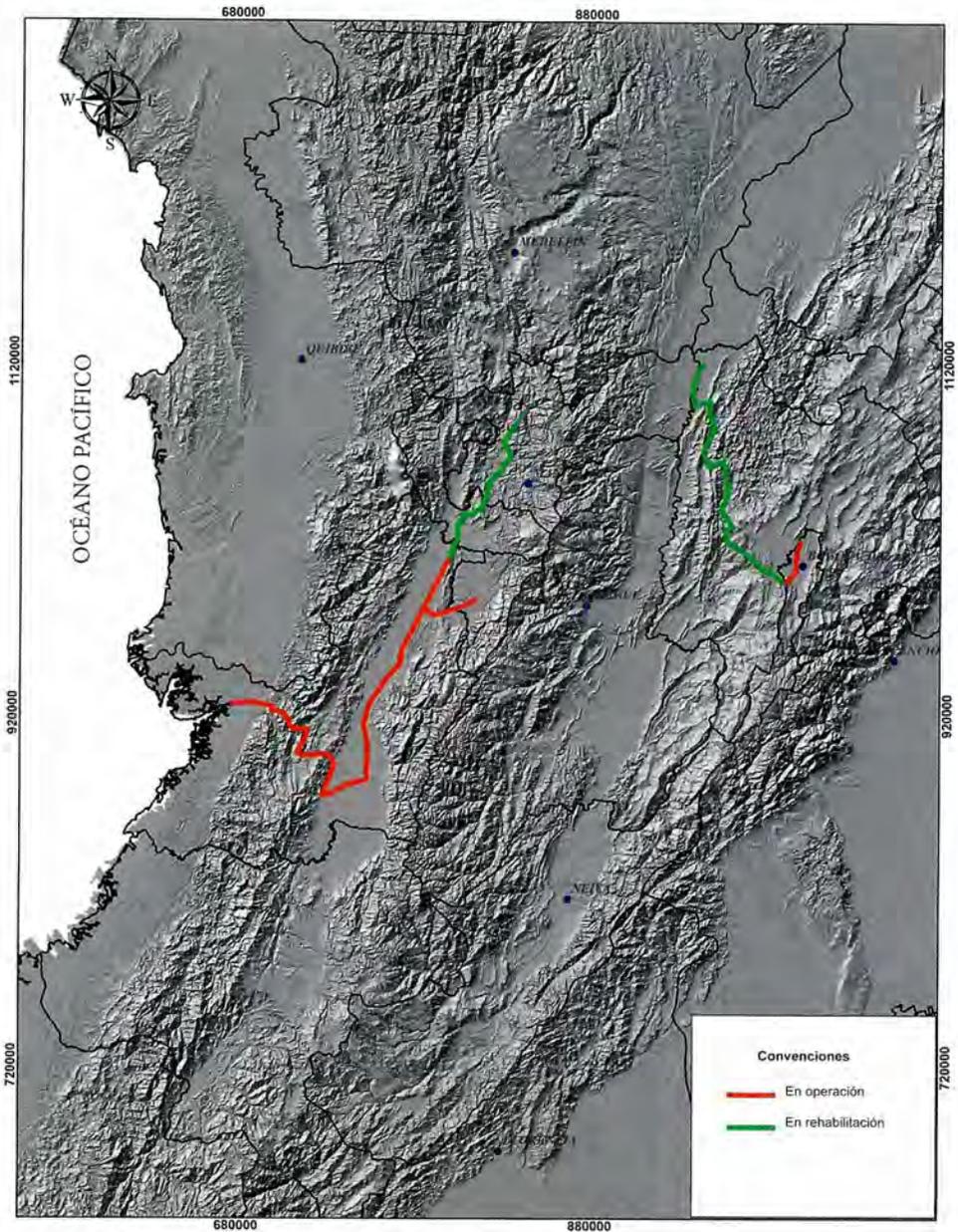


Figura 112. Mapa concesión red férrea del Pacífico.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Los nuevos proyectos de concesión se relacionan a renglón seguido (tabla 65).

Tabla 65. Nuevos proyectos de concesión del sistema ferroviario central

Nuevos proyectos de concesión		
Sistema ferroviario central		
Tramos	km	Total
Chiriguaná-San Rafael	205,78	
San Rafael de Lebrija-Grecia	188,87	
Grecia-La Dorada	129,73	
La Dorada (México)-Facatativá	162,35	
Grecia-Cabañas	32,47	1050,20
La Dorada-Buenos Aires	177	
Buenos Aires-Villavieja	154	
Ramal Cantera Montecristo		
Ramal Capulco		
Ramal Puerto Berrío		
Altiplano cundiboyacense		
Tramos	km	Total
Bogotá-Belencito	257	
La Caro-Zipacquirá	19	368
Faca-Bogotá	35	
Zipacquirá-Lenguazaque	57	
Total		1413 km
Ferrocarril del Carare		
Construcción nueva		
La Vizcaína-Duitama		362
Tramo existente		
Lenguazaque-Barbosa	110	125
Duitama-Belencito	15	
Total		487 km
Red privada		
Belencito-Paz del Río	39	184
Cerrejón-Puerto Bolívar	145	

Proyecto concesión sistema ferroviario central

El proyecto llamado Concesión Férrea Nacional (figura 113) tiene como objetivo primordial reactivar el servicio de transporte ferroviario de carga desde el centro del país hasta el puerto de Santa Marta y viceversa, utilizando el tramo La Dorada-Chiriguaná, rehabilitado dentro del contrato de concesión de la red férrea del Atlántico.

Igualmente, busca extender la vía férrea concesionada para permitir el acceso por este modo de transporte a los departamentos de Tolima y Huila, así como poner en condiciones de paso de tren los tramos de montaña La Dorada-Facatativá y Envigado-Cabañas.

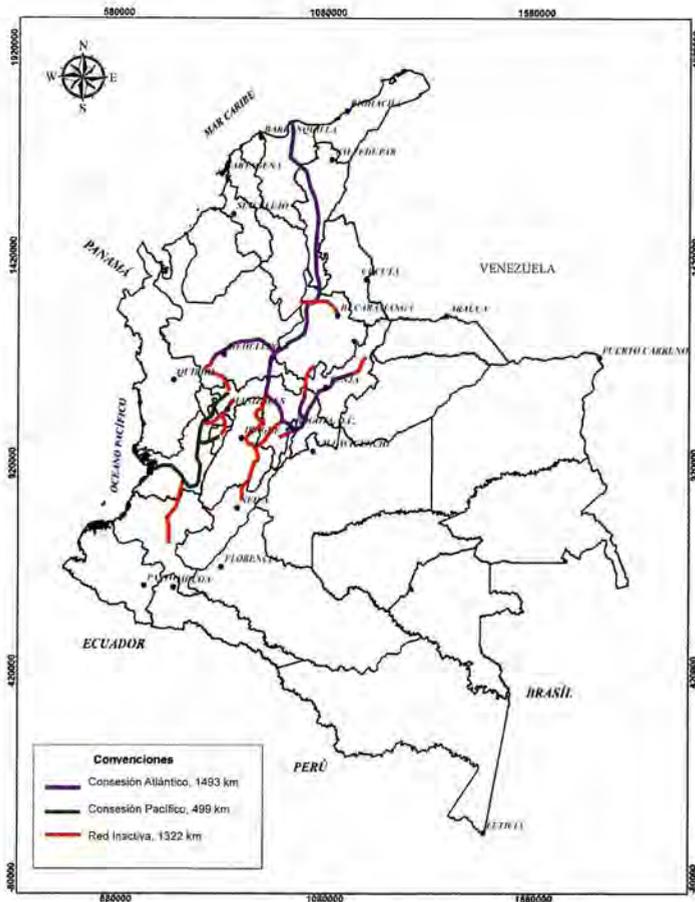


Figura 113. Mapa del sistema ferroviario central.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Modo fluvial

En referencia al transporte fluvial, el país cuenta con dos grandes ríos que permiten la integración con regiones apartadas: el Magdalena y el Meta.

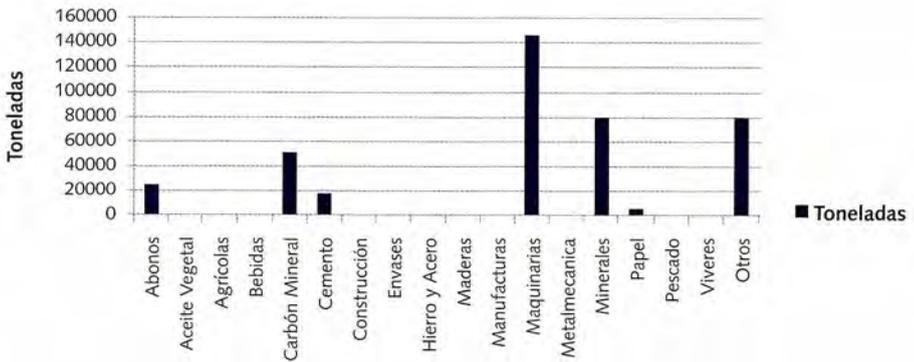
El río Magdalena es el encargado de transportar volúmenes importantes de maquinaria, carbón, minerales y cemento (figura 114).

El Ministerio de Transporte trabaja en una nueva política de transporte fluvial, encaminada a lograr la adecuación de los ríos como un medio masivo de transporte de carga y pasajeros, para aprovechar las ventajas físicas que tiene el país (número de cuencas y kilómetros navegables). De esa manera, y en atención a las necesidades de la población para el transporte principalmente de carga y la movilización de pasajeros por este medio, se está haciendo un análisis de la Ley 1242 de 2008, “Código Fluvial”, con el propósito de determinar la necesidad de presentar un proyecto Conpes con los lineamientos del Departamento Nacional de Planeación (DNP).

En la tabla 66 se encuentra relacionada la totalidad de la red fluvial, tanto la navegable, la transitoria –o sea, aquella que sólo es navegable en la época de invierno en el país– y la red que, en definitiva, tiene una muy baja capacidad para la navegabilidad. Esta red se mantiene básicamente estática, es decir, que a pesar de las pequeñas fluctuaciones en los tramos de navegabilidad generados por el clima (inviernos o veranos demasiado fuertes) y a otros aspectos de orden meteorológico, no se producen cambios significativos dentro de la estructura fluvial general.

Según datos del Ministerio de Transporte (tabla 66), el río Putumayo es la principal vía de comunicación navegable, seguido de los ríos Caquetá y Magdalena, aunque el primero presenta problemas de navegabilidad en aguas bajas, entre Puerto Asís y Puerto Ospina, lugar donde desemboca el río San Miguel, agravada en los últimos años debido a la deforestación de la cuenca alta del río. Este proyecto quedó incluido en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 como parte del corredor Amazonas-Putumayo-Pacífico, y se constituye en una importante vía de comunicación que propicia una mayor integración con Ecuador, Perú y Brasil. Es necesario cursar los estudios técnicos.

Figura 114. Movilización de carga general por el río Magdalena.



Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Tabla 66. Navegabilidad de los principales ríos del país

Principales ríos	Longitud navegable				Longitud no navegable	Longitud total del río
	Mayor		Menor per	Total		
	Per	Tran				
Cuenca del Magdalena	1188	277	1305	2770	1488	4258
Magdalena	631	256	205	1092	458	1550
Canal del Dique	114	0	0	114	0	114
Cauca	184	0	450	634	390	1024
Nechí	69	21	45	135	100	235
Cesar	0	0	225	225	187	412
Sinú	80	0	110	190	146	336
San Jorge	110	0	83	193	207	400
Otros	0	0	187	187	0	187
Cuenca del Atrato	1075	242	1760	3077	1358	4435
Atrato	508	52	0	560	160	720
San Juan	63	160	127	350	60	419

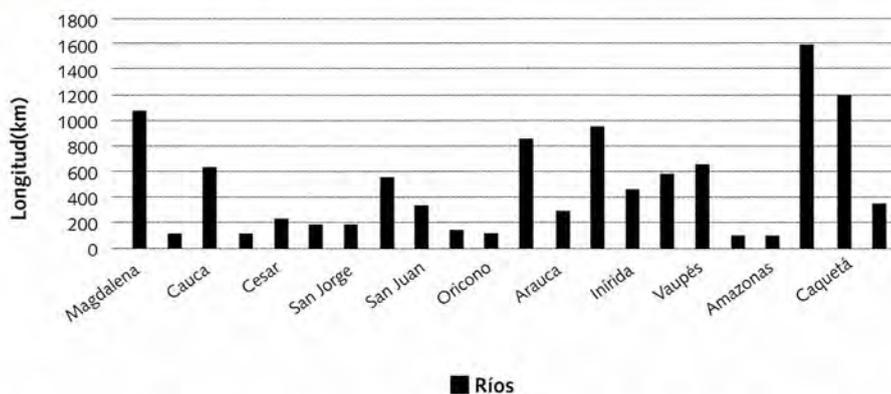
.../...

Continuación

Baudó	80	0	70	150	30	180
Otros	424	30	1563	2017	1108	3125
Cuenca del Orinoco	2555	1560	2621	6736	2161	8897
Orinoco	127	0	0	127	163	290
Meta	800	51	15	866	19	885
Arauca	0	296	0	296	144	440
Guaviare	774	173	0	947	0	947
Inírida	30	0	418	448	471	919
Vichada	149	101	330	580	88	668
Vaupés	600	60	0	660	340	1000
Unilla	75	25	0	100	50	150
Otros	0	854	1858	2712	886	1598
Cuenca del Amazonas	2245	2131	1266	5642	1493	7135
Amazonas	116	0	0	116	0	116
Putumayo	1272	316	12	1600	117	1717
Caquetá	857	343	0	1200	150	1350
Patía	0	250	100	350	100	450
Otros	0	1222	1154	2376	1126	3502
Total nacional	7063	4210	6952	18.225	6500	24.720

Fuente: Grupo de Transporte Acuático y Férreo de la Dirección TTE y TTO, Ministerio de Transporte, 2008.

Figura 115. Infraestructura fluvial nacional navegable.



Fuente: Grupo de Transporte Acuático y Férreo de la Dirección TTE y TTO, Ministerio de Transporte, 2008.

Estado de la red fluvial

Hay una navegación y una flota definida para dos productos: hidrocarburos, entre las dos refinerías de Ecopetrol en Barrancabermeja y Cartagena, y carbón, entre Tamalameque y la costa atlántica (Cartagena o Barranquilla); los demás productos, destinos y convoyes son aleatorios. Durante la mayor parte del año se navega con relativa facilidad; entre finales de diciembre y mediados de abril, se pueden presentar dificultades de navegación para los convoyes, referidas sobre todo a las condiciones hidrológicas y geomorfológicas del río.

Adicionalmente, se tienen identificados los sitios y tramos donde se presentan dificultades recurrentes para la navegación en aguas bajas, en los cuales se requiere realizar obras de encauzamiento de aguas mínimas y dragados complementarios.

La información sobre niveles y profundidades es obsoleta y no está homologada entre Cormagdalena y el Ministerio de Transporte. Además, los mapas fluviales pueden ser algo imprecisos y contener errores e información no estratégica. Finalmente, hay inseguridad por factores de orden público que obliga a incorporar, junto a las tripulaciones, personal armado de las fuerzas militares, a blindar los cascos de las embarcaciones y a restringir la navegación nocturna.

Modo marítimo

En el modo marítimo, el actual sistema portuario colombiano comprende 122 instalaciones, distribuidas así:

- 5 sociedades portuarias regionales
- 9 sociedades portuarias de servicio público
- 7 sociedades portuarias privadas de servicio privado
- 44 muelles homologados
- 10 embarcaderos o muelles de cabotaje para naves menores
- 47 facilidades portuarias

A través de estas instalaciones, el comercio internacional colombiano moviliza aproximadamente 120 millones de toneladas, de las cuales un 95% las hacen cinco sociedades portuarias regionales y cinco puertos es-

pecializados que exportan sobre todo petróleo y carbón. Las exportaciones no tradicionales focalizan especialmente su movimiento por las sociedades portuarias regionales: Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Buenaventura y Tumaco (Ministerio de Transporte).

Transporte de carga

El tráfico portuario nacional creció el 63,7% entre 2002 y 2008, lo que equivale a un incremento anual promedio de 8,6%. Con las inversiones hechas por el sector privado en infraestructura y equipos, lo mismo que por el sector público en los canales de acceso, se ha logrado un aumento de la carga movilizada a nivel nacional del 58%, al pasar de 70 millones de toneladas en el año 2002 a 120 millones de toneladas en el 2008.

Es así como en el 2008 se movilizaron a través del sistema portuario colombiano 119.925.550 toneladas, lo que equivale a 2.125.989 toneladas más que en el año anterior, y representa un incremento aproximado del 2%.

La zona portuaria de Santa Marta tiene una participación del 30% y ocupa el primer puesto con 35.470.448 toneladas, movilización muy similar a la registrada en el 2007, cuando el tráfico fue de 35.142.833 toneladas. Las principales exportaciones son las de carbón, realizadas por la Sociedad Portuaria Drummond Ltda. (20.247.806 toneladas) (figura 41) y por la Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta (7.186.118) (figura 40). Con una participación del 27% del total del tráfico portuario del país se encuentra la zona portuaria de La Guajira, que movilizó 32.402.295 toneladas y experimentó un incremento del 6,4% en su movimiento respecto al 2007 (30.456.147 toneladas), representado también fundamentalmente por las exportaciones de carbón del Cerrejón.

Le siguen en su orden la zona portuaria de Cartagena, que movilizó 19.605.242 toneladas, con una participación del 16% del tráfico portuario, lo que significa un incremento del 20% con respecto al año 2007, cuando movilizó 16.299.328 toneladas, y la zona portuaria de Morrosquillo, que representa el 12% del total del tráfico portuario y registró un notable aumento del 23% al pasar de 11.766.146 toneladas en el año 2007 a 14.446.029 toneladas en el 2008; el petróleo es el principal producto de exportación por esta zona.

A continuación está la zona portuaria de Buenaventura, que tuvo una disminución del tráfico portuario al pasar de movilizar 11.565.328 toneladas en 2007 a 10.695.371 toneladas en el 2008, lo que representa una caída del 7,5%.

En la zona de Buenaventura se crearon nuevos terminales de carácter privado, que benefician la capacidad de esta zona portuaria:

- Cemas: en operación.
- Terminal de contenedores de Buenaventura-TCBun: actualmente en construcción.
- Agencia logística de las FF. MM. –conocido como “Muelle 13”–: en operación.
- Aguadulce: en proceso de reestructuración; aprobados los diseños iniciales, se solicitó al Inco autorización de modificación de diseños y aumento en el capital de inversión.

Por su parte, la zona portuaria de Barranquilla, con una participación del 5% del tráfico portuario, arroja una leve disminución de su tráfico, al pasar de movilizar 6.452.025 toneladas en el 2007 a 6.262.240 toneladas en el 2008.

Las sociedades portuarias privadas especializadas movilizan principalmente productos como banano, carbón, cemento y petróleo, que representan más de 88 millones de toneladas, que constituyen el 79% del comercio exterior en los puertos marítimos nacionales (figura 116). Por su parte, las sociedades portuarias regionales de Buenaventura, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Tumaco movilizaron en el año 2008 24 millones de toneladas de la carga total (21%).

Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura

Las cifras señalan la realidad de lo que ha sido el cambio que le imprimió la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura (SPRBUN) al puerto, desde que en marzo de 1994 asumiera la administración de los recintos portuarios.

La carga de importación y exportación se ha duplicado, particularmente en los últimos años; se ha pasado de manejar 4,3 millones de toneladas en 1994 a 8,5 millones de toneladas en el 2008, incremento que se espera sea permanente en la medida en que se optimice la operación portuaria. El total del tráfico portuario alcanzó 10 millones de toneladas, cifra que incluye las mercancías de transbordo y en tránsito.

Sociedad Portuaria Regional de Cartagena

El movimiento de comercio exterior en la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena ha evolucionado de 1,3 millones de toneladas en 1994 a 3,7 millo-

nes de toneladas en el 2008 (figuras 116 y 117). Se registra también un alto movimiento de mercancías en transbordo y en tránsito (5,4 millones de toneladas), para un total de movilización –incluido comercio exterior– de más de nueve millones de toneladas en el 2008.

Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta

Esta compañía registró un incremento en la carga movilizada al pasar de 6,4 millones de toneladas en el 2007 a 7,2 millones de toneladas en el 2008 (figura 118).

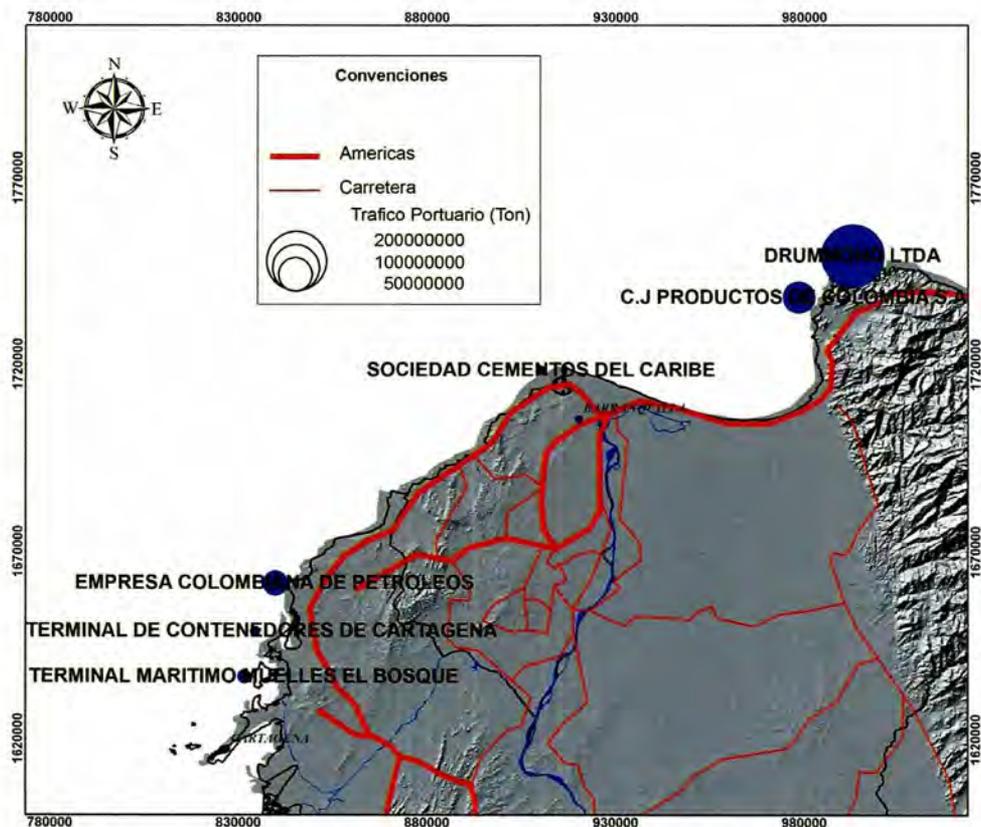


Figura 116. Tráfico portuario en toneladas, 2008.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

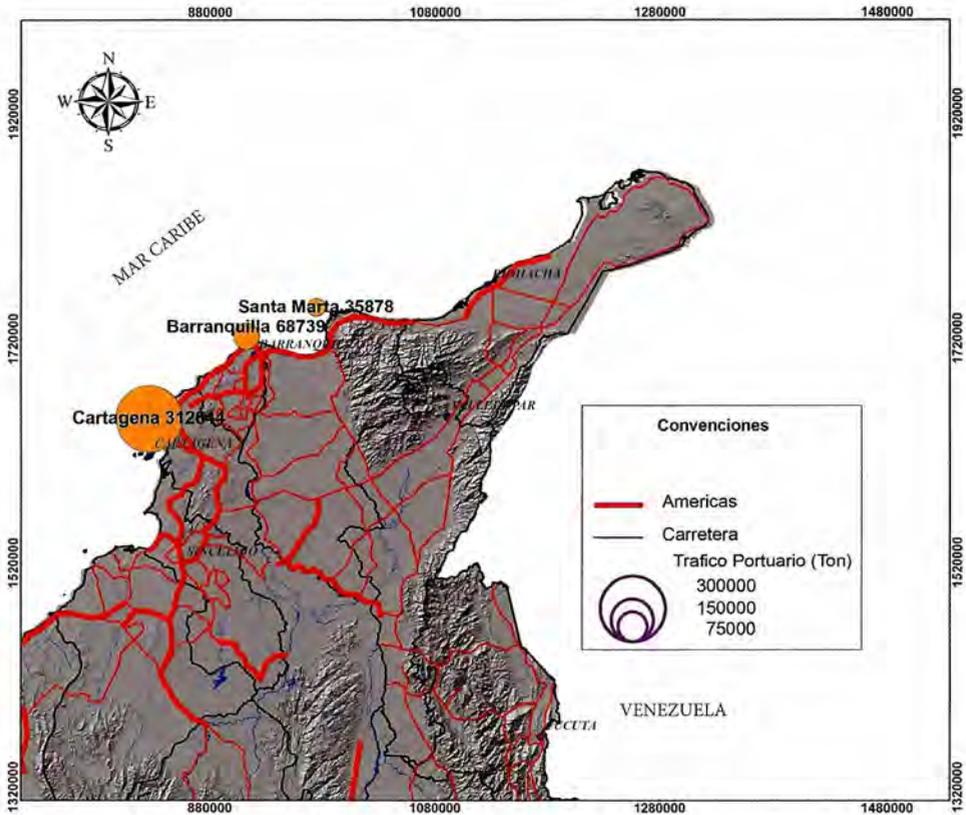


Figura 117. Comercio exterior en Teus, 2008.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Modo aéreo

En el modo aéreo se distinguen la infraestructura aeronáutica y la aeroportuaria. La primera comprende las instalaciones y equipos requeridos para asistir a las aeronaves durante el vuelo, mientras que la segunda se refiere a las pistas, calles de rodaje, plataformas, franjas, estacionamientos públicos, áreas para autoridades competentes, terminales aéreas de pasajeros y carga, así como a los sistemas y servicios que se requieren para su operación.

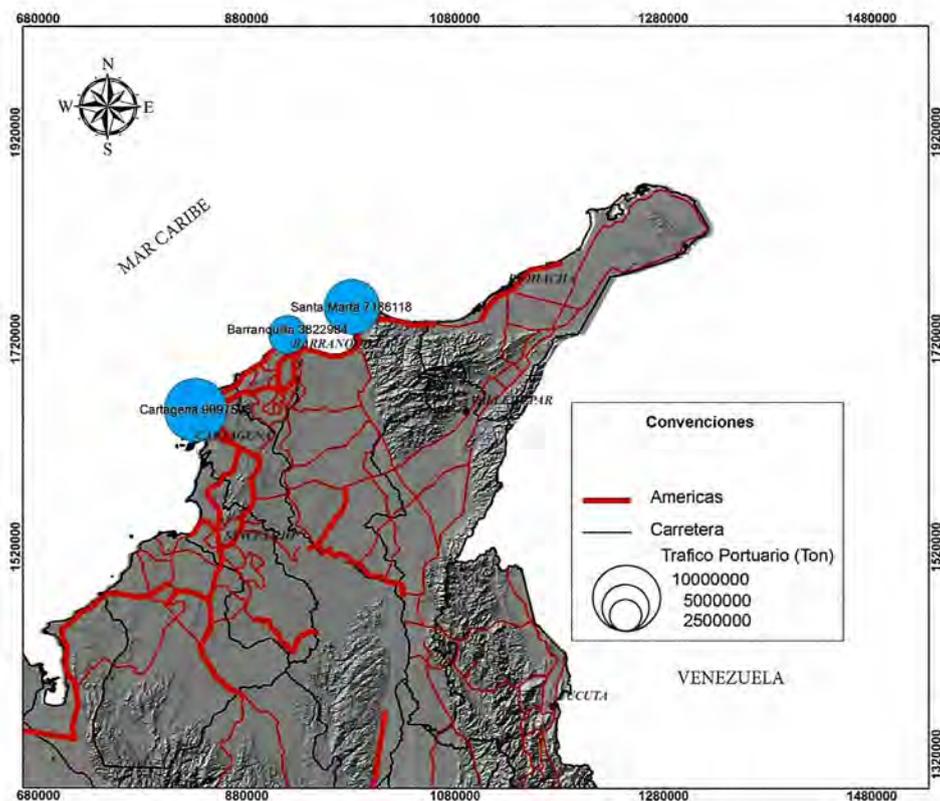


Figura 118. Tráfico en los puertos de la costa Caribe, 2008.

Fuente: Ministerio de Transporte, 2008.

Colombia cuenta con 581 aeropuertos y aeródromos, de los cuales 70 son de propiedad de la nación y están a cargo de la Aeronáutica Civil, 53 están explotados directamente por la UAEAC, 12 están concesionados y cinco en comodato, 167 son de propiedad departamental, municipal y de otras entidades; de éstos, cinco los explota la Aerocivil y 167 los departamentos, municipios y corregimientos. Sólo en el 8% de éstos operan aerolíneas comerciales regularmente, es decir, que el resto se utilizan esporádicamente para la operación de aeronaves particulares y entidades del Estado (Aerocivil).

En este capítulo se relaciona la información obtenida de diversas fuentes, referente a la producción y dinámica del mercado del mármol y la caliza en los ámbitos nacional e internacional, se identifican los principales países productores, algunas características del producto, volúmenes de producción y calidad del mineral.

Producción internacional

La información sobre producción internacional corresponde al análisis de la situación de los países a nivel mundial, evolución, debilidades y potencialidades del sector.

Mármol

Las canteras de mármol más grandes del planeta se encuentran en Italia, España, Francia, Portugal, Alemania y países escandinavos.

Asia, China e India son los grandes productores de mármol; en el Mediterráneo, Grecia y Turquía, y en el Medio Oriente, Israel, Irán, Egipto y Arabia Saudita se destacan en la producción de diversas variedades de mármol. En América sobresalen Estados Unidos, Canadá, México y Brasil (Sunches, 2005).

El líder mundial en la producción de rocas dimensionables –específicamente en la producción de mármol– es Italia, país que se ha mantenido así por dos aspectos: la tecnología utilizada y la especialización de sus actividades.

La tecnología empleada hace referencia a la maquinaria de talla industrial y herramientas de corte, que permiten obtener mejores resultados en el dimensionamiento de la roca. La especialización en cada una de las actividades de la cadena productiva: especialización en labores mineras, así como en el transporte y en el pulimento, entre otras.

España es la segunda nación en la producción mundial de mármol; cuenta con 1100 canteras y más de tres mil fabricantes (Franco, 2005). La producción supera la cifra de 3.725.000 toneladas, lo que equivale a un 75% del total de la producción nacional de piedra.

Turquía es uno de los más antiguos productores de mármol en el planeta, con más de 4000 años de experiencia en la producción de esta roca. Su producción anual alcanzó en 1997 un promedio de dos millones de toneladas métricas y una capacidad total de 18 millones de metros cuadrados de losas y tejas. Aproximadamente 700 canteras, 1600 talleres y 120 fábricas de mármol. En 2001, Turquía fue el mayor exportador de mármol a Estados Unidos, y según informe elaborado por la oficina comercial de España en Ankara –actualizado a julio de 2010–, “Turquía posee el 35% de las reservas mundiales de mármol” (Oece, 2010).

Según información reportada por la Asociación China de la Industria de la Piedra, se estima que en 2006 la producción de piedra natural fue de 200 millones de metros cuadrados, con dos centímetros de grosor, de los cuales el mármol y el granito representaban entre un 80 y 90% del total (Vidal, 2007).

Otro productor destacado es Grecia, que registra una producción anual de cerca de dos millones de toneladas, la mayor parte de la cual se exporta como productos procesados y terminados. Uno de los principales aspectos de la industria de la roca griega es que las compañías pueden satisfacer plenamente las necesidades específicas de sus clientes. El mercado más importante del mármol griego se mantiene en Arabia Saudita, Alemania, Hong Kong, Italia y Estados Unidos (Oece, 2010).

Caliza

En Estados Unidos, la caliza es producida por 25 empresas, en 32 canteras distribuidas en nueve estados diferentes. Wisconsin, Indiana, Minnesota, Texas y Ohio son, en su orden, los principales estados productores. Cinco empresas acumulan el 58% del valor total (Sesmero, 2008).

De acuerdo con información proveniente de US Geological Survey, del Departamento del Interior de Estados Unidos (figura 119), la producción de caliza registra el 36% de la producción de piedra natural en el país, sólo superada por el granito con un 40%.

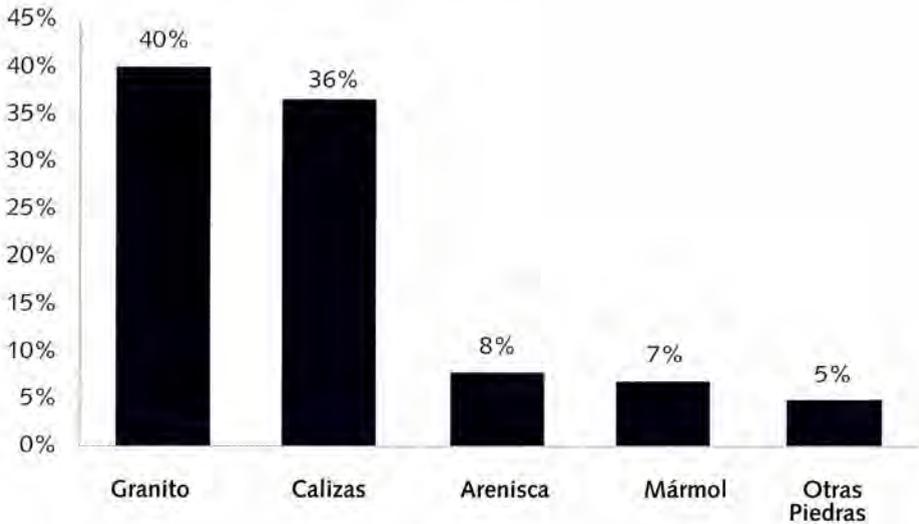


Figura 119. Producción de piedra natural en Estados Unidos.

Fuente: US Geological Survey, 2007.

Según datos del Centro para el Desarrollo de Piedras (Centre for Development of Stones), situado en Jaipur, la India está considerada el tercer mayor productor mundial de piedra natural, aun cuando su industria posee menos del 10% de cuota del mercado total. A continuación se observa la evolución de la producción de caliza en la India (figura 120).

Gracias a sus notables reservas de calizas, a su constante exploración y producción en las minas (figuras 121 y 122), Corea del Sur es el quinto mayor productor mundial de cemento, después de China, India, Estados Unidos y Japón. “Con una capacidad de fabricación de 70,2 millones de toneladas al año, abarca un total de 11 compañías que disponen de 51 hornos, en 12 plantas industriales y emplean un total de 7300 personas” (Vergara, 2007).

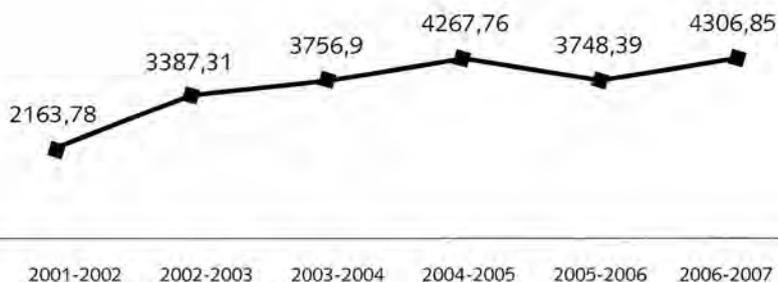


Figura 120. Evolución de la producción de caliza en India, 2007.

Fuente: CDOS, 2007.

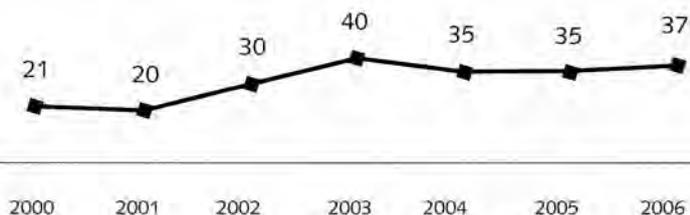


Figura 121. Exploración anual de minas de caliza en Corea del Sur, 2007.

Fuente: Korea Resources Corporation (Kores), 2006.

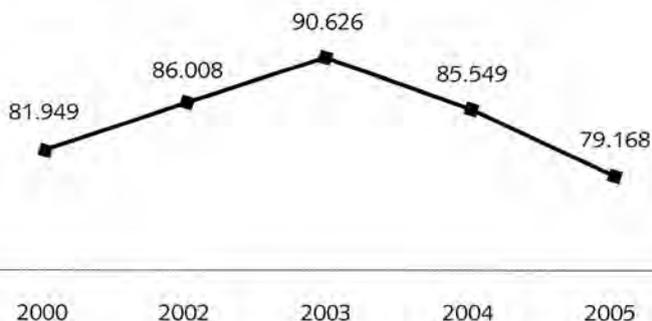


Figura 122. Producción anual de caliza en Corea del Sur (MT).

Fuente: Korea Resources Corporation (Kores), 2005.

Por otra parte, Australia produce arenisca, granito y piedras calizas; con esta última obtiene grandes resultados a nivel internacional y abastece en forma eficiente el mercado interno. A continuación se presentan los principales estados productores de caliza (tabla 67).

Tabla 67. Producción de caliza por estado en Australia, 2006

Estado	Producción	
	2004-2005	2005-2006
Queensland	295.667	3.101.213
Northern Territory	77.180	88.050
Tasmania	79.052	57.066

Fuente: Ices, 2006.

Producción nacional

En el análisis de la producción nacional se refleja la información básica disponible, concerniente a la producción actual de mármol y caliza en el país, y su proyección a partir de las tasas de crecimiento de la industria del cemento y de los principales proyectos de obras.

Mármol

La información existente frente a la producción (histórica y actual) de mármol en Colombia es incierta y no corresponde a su potencial geológico. Los sistemas de información son incipientes, y tanto las bases de datos como los mecanismos de difusión están atrasados en materia de accesos virtuales y sistemas de mercadeo.

Las zonas del país que registran producción de mármol son Huila, Tolima, Antioquia, Norte de Santander y Putumayo, sin que sea posible determinar específicamente la producción real, ya que la información estadística oficial se registra por lo general en el grupo global de “materiales de construcción”.

En el capítulo correspondiente a productos y actividades de las apuestas productivas de la agenda interna para la productividad y la competitividad en el Huila, se menciona lo siguiente: “La producción de mármol y calcáreos es importante en la región noroccidental del departamento (Distrito Minero de Palermo), que corresponde a los municipios de Neiva, Palermo, Santa María y Teruel. El departamento tiene la mayor producción nacional y

grandes reservas sin exploración. En un área de 1321 hectáreas, las reservas ascienden a 897 millones de metros cúbicos, de los cuales 27% son de mármol, 36% de caliza y 37% de dolomita. Sin embargo, los yacimientos presentan altos costos de exploración y explotación, atraso tecnológico, deficiencias en infraestructura de almacenaje y alto impacto ambiental”.

En datos provenientes de los informes presentados a la autoridad minera en el departamento de Huila se registran la mayoría de las solicitudes, licencias y contratos otorgados para exploración o explotación de mármol y dolomita en los municipios de Teruel, Santa María, Yaguará, Isnos, Neiva y Palermo; igualmente, en estos municipios hay explotaciones de minería de hecho y minería en proceso de legalización. Toda esta informalidad no permite que se tenga información confiable sobre la producción mensual de mármol. Los usos reportados para estas explotaciones son para la industria del vidrio, producción de carbonato y materiales de construcción (marmolina y materiales granulados); esta zona se incluye en el Distrito Minero de Teruel-Aipe, del Ministerio de Minas y Energía.

Similar situación se presenta en el departamento de Tolima, donde se registran solicitudes de títulos mineros y contratos de exploración y explotación de mármol en las localidades de Valle de San Juan y Rovira, Lérída e Ibagué, pero igualmente se carece de información relativa a su producción. Tal producción tiene como destino la producción de cal y carbonato de calcio; esta zona se incluye en el Distrito Minero de Ataco, del Ministerio de Minas y Energía.

La zona calcárea correspondiente al departamento de Antioquia, en los municipios de San Luis, Puerto Nare y Sonsón, registra explotaciones de mármol, pero al igual que en las demás zonas, no hay información oficial sobre su producción. Su uso depende del tamaño de grano y comercialmente se clasifica en tres tipos:

Tipos 1 y 2. Mármol alta y media calidad, de granos fino y medio, respectivamente. Lo utilizan los productores de cal del sector Tres Ranchos, ubicado en la autopista Medellín-Bogotá.

Tipo 3. Mármol alta calidad grano grueso. Es el mármol usado por grandes empresas de la región para sus plantas de molienda. Estos mármoles presentan una alta pureza en carbonato de calcio y bajos contenidos de sílice, hierro y alúmina. La ausencia de material cuarzofeldespático con hornblenda, sulfuros de hierro tipo pirita, pátinas de óxido de hierro y contaminación

con suelo de descapote hacen que este material conserve su alta calidad y pureza con contenidos mayores del 96% de carbonato de calcio, sílice menor del 1% y hierro inferior al 0,2%. Los usos dados son para producción de cales agrícolas, cal viva para la industria metalúrgica, la industria del cemento y la construcción y los mármoles de grano grueso para la industria del vidrio. También se menciona que tiene usos ornamentales, pero no se dispone de información al respecto.

En el departamento de Norte de Santander se registra explotación de mármol en los municipios de Curití, Mutiscua y Silos, pero no hay información sobre producción. Se usa para producción de carbonatos, cal, industria del cemento y bloques ornamentales. Esta zona se incluye en el Distrito Minero de Cúcuta, del Ministerio de Minas y Energía.

El departamento de Putumayo registra explotación de mármol en la localidad de San Francisco, donde se producen bloques ornamentales para su comercialización en Pasto, pero no se registran datos de producción.

Caliza

Los datos sobre producción de caliza en el país se derivan de la información obtenida para su consumo en la industria del cemento, a causa de que no se cuenta con registro oficial de producción de caliza para la obtención de cal y carbonato, o su uso como agregado pétreo.

La información sobre la producción nacional de caliza proviene del resultado de multiplicar la producción anual de clínker, reportada por las empresas productoras de cemento, por un factor de 1,56 (figura 123).

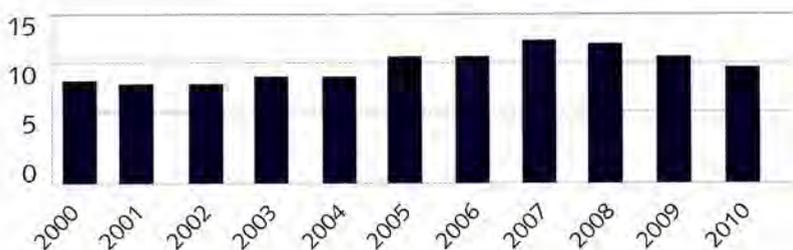


Figura 123. Producción nacional de caliza en toneladas.

Fuente: Dane-ICPC. Cálculos: Upme (información a octubre de 2010).

Históricamente, la producción de caliza en Colombia no supera la producción de dos millones de toneladas hasta 1960, y a partir de esta década su tendencia fue siempre ascendente, registrando picos y caídas en su producción, pero sin descender a producciones inferiores a seis millones de toneladas; registra su mayor producción en el año 2007 (figura 124).

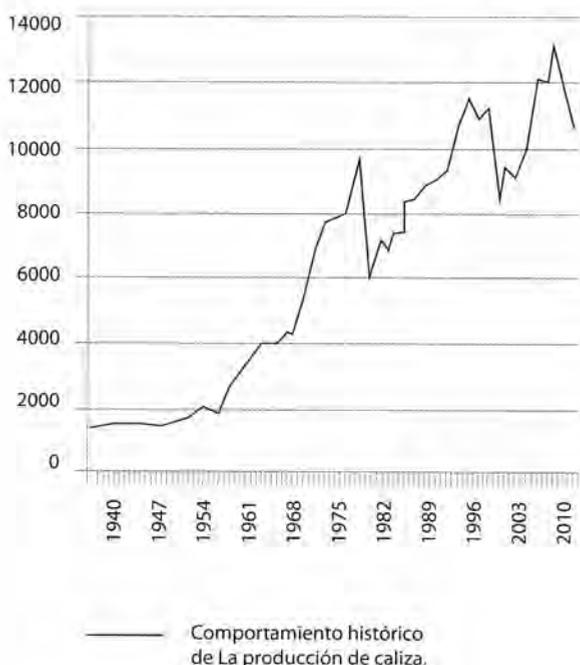


Figura 124. Comportamiento histórico de la producción de caliza en Colombia.

Fuente: Dane-ICPC. Cálculos: Upme (datos a noviembre de 2010).

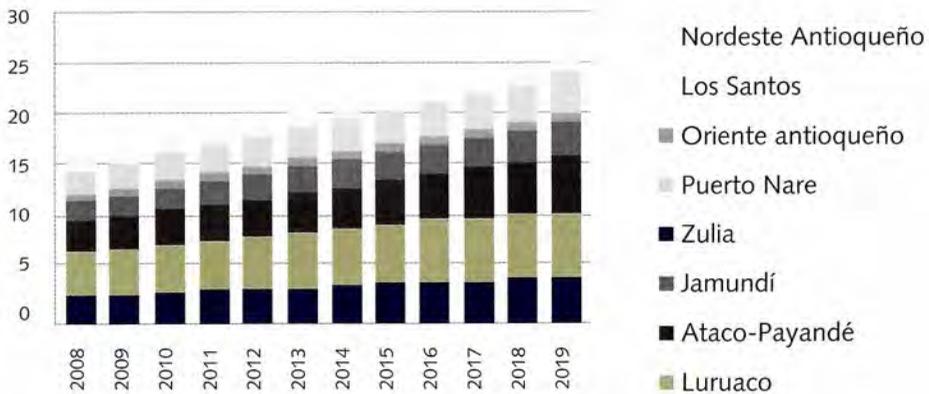
Proyección de producción nacional de caliza

La proyección de la producción de caliza (tabla 68) se basa en el documento elaborado por el Ministerio de Minas y Energía sobre estimaciones efectuadas a partir de las tasas de crecimiento de la industria del cemento y de los principales proyectos de obras públicas activados desde el 2008 (tabla 68, figura 125).

Tabla 68. Proyección de producción colombiana de caliza (miles de toneladas) por Distrito Minero

Distrito Minero/año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Paz del Río	2,8	2,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6
Luruaco	4,2	4,5	4,8	5	5,2	5,5	5,7	6	6,3	6,5	6,7	7
Ataco-Payandé	3,1	3,2	3,5	3,6	3,8	4	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	5,1
Jamundí	2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,3
Zulia	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1
Puerto Nare	2,5	2,6	2,8	2,9	3	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,9	4,1
Oriente antioqueño	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Los Santos	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Nordeste antioqueño	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2007.



Comercio

La información registrada frente a las dinámicas comerciales de los productos analizados incluye un análisis de las variables de los mercados nacionales e internacionales, las cuales se modifican de acuerdo con múltiples factores que influyen en la eficiencia de los sistemas de comercialización.

Mercado internacional

Con el objeto de abordar el análisis de las dinámicas comerciales del mármol y la caliza a nivel internacional, se ubicaron y sistematizaron la información histórica y las estadísticas disponibles, referentes a la variación anual de exportaciones e importaciones mundiales, y a precios unitarios y promedios de los minerales, en los países que muestran las mayores tasas de intercambio comercial en el planeta.

Mármol

La exportación mundial de mármol alcanzó en 2008 un valor de US\$4441 millones y un volumen de más de 14 millones de toneladas, lo cual representa el 39,8% del total de las ventas de piedra natural en el mundo y el 39,2% del peso. Las importaciones, por un monto de US\$3941 millones, significaron el 35,1% del total del sector de la piedra y el 32,9% del peso (Torres y Carrera Consultores, 2010).

El 75,7% de las exportaciones se hizo en producto en bruto (figura 126) y representó el 39% del valor de las ventas al exterior de este producto en el ámbito mundial, mientras que las exportaciones de mármol elaborado fueron el 61% del montante total, pero tan sólo el 24,3% del peso (Torres y Carrera Consultores, 2010).

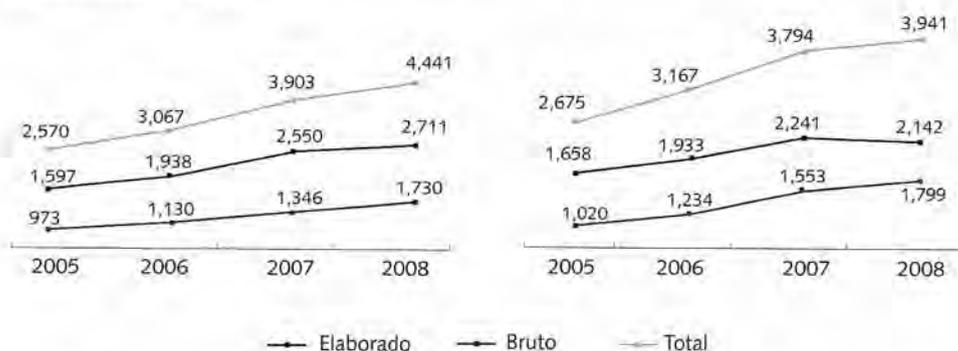


Figura 126. Variación anual de exportaciones e importaciones mundiales de mármol (valor en miles de dólares).

Fuente: UN Comtrade.

En el caso de las importaciones, se mantienen unas diferencias parecidas. Las compras de mármol elaborado significaron en 2008 el 54,3% de todas las importaciones de este producto, pero apenas el 18,6% de su peso. En el caso de las importaciones en bruto, éstas representaron el 45,7% del valor, pero el 81,4% del volumen (Torres y Carrera Consultores, 2010).

El valor promedio de la tonelada exportada ascendió en 2008 a US\$308,9 (figura 127) –US\$5 más que la media de la piedra natural–, con una caída del 9,6% respecto al ejercicio anterior. El valor unitario de las importaciones alcanzó los US\$312,4 (US\$20,6 más que la media), con un descenso del 8,7% sobre 2007 (Torres y Carrera Consultores, 2010).

No obstante, existen notables diferencias en el valor del mármol elaborado frente al precio medio en bruto. La tonelada manufacturada se exportó en 2008 con un precio valor medio de US\$778,5 y se importó a US\$914,8. Las exportaciones en bruto se hicieron a US\$158,5 y las importaciones a US\$175,1 (figura 127) (Torres y Carrera Consultores, 2010).

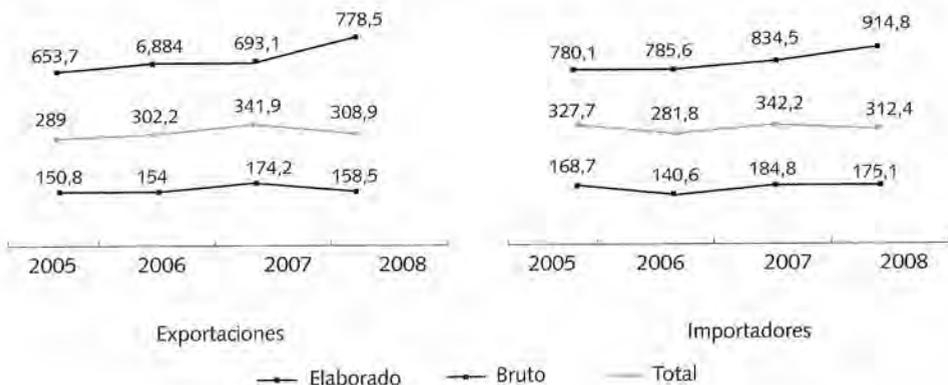


Figura 127. Precio promedio (en dólares) de exportaciones de mármol (2008).

Fuente: UN Comtrade.

Turquía es líder en las exportaciones mundiales tanto en mármol elaborado como en bruto, aunque es el país que menos rentabilidad obtiene por sus transacciones comerciales, ya que vende por debajo de la media: US\$573 la tonelada manufacturada y US\$142,5 en bruto (figura 128) (Torres y Carrera Consultores, 2010).

Italia es el ejemplo contrario. Sus exportaciones de mármol elaborado representan el 13,7% del peso, pero significan el 22,9% del valor de las exportaciones mundiales de este producto. El precio medio por tonelada ascendió a US\$1299 (figura 128) (Torres y Carrera Consultores, 2010).

China, con el 30,5% de las ventas manufacturadas, obtiene el 27,3% del valor, con un valor unitario de US\$697,4 (figura 128) (Torres y Carrera Consultores, 2010).

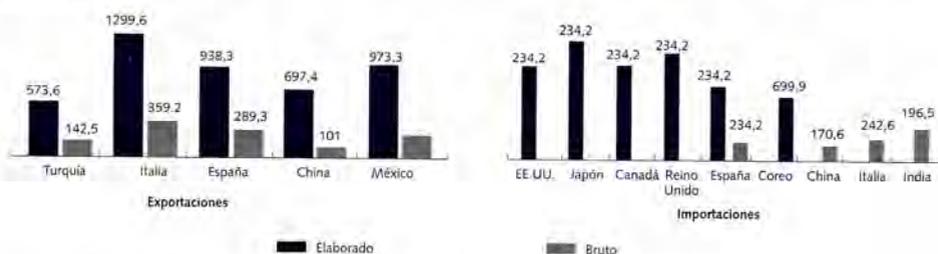


Figura 128. Precio unitario por países en dólares (2008).

Fuente: UN Comtrade.

El mayor exportador del planeta es Turquía, que en 2008 vendió al exterior 4,3 millones de toneladas (el 30,5% de las exportaciones mundiales de mármol) por un valor de US\$1191 millones (el 26,8%). Le siguen Italia, que representa el 20,5% del valor de las exportaciones y el 10,3% del volumen, y China, con el 16,7% de las ventas y el 7,4% del peso (figura 129) (Torres y Carrera Consultores, 2010).

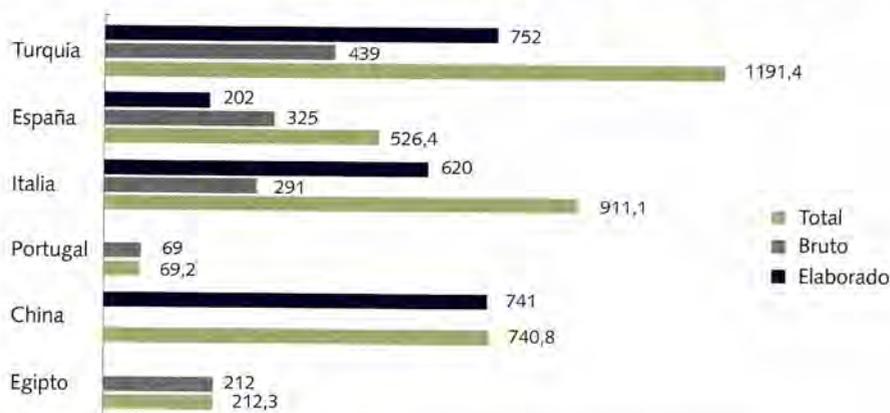


Figura 129. Precio unitario de las exportaciones por países en dólares (2008).

Fuente: UN Comtrade.

Por lo que respecta a las importaciones, Estados Unidos y China representan en conjunto casi el 50% de las compras de este producto al exterior, aunque el primero lo hace en elaborado y el segundo, en bruto. En el caso norteamericano, las compras de mármol elaborado ascendieron en 2008 a más de un millón de toneladas (el 44,4% del total), lo que supuso más de US\$1055 millones (49,3%), a un precio promedio de US\$1014 (Torres y Carrera Consultores, 2010).

China importó cinco millones de toneladas de mármol bruto (el 49,6% del total mundial), por un valor de US\$868,9 millones (figura 130) (el 48,3%) a un precio medio de US\$170,6. En el caso del gigante asiático se da la circunstancia de que importa para consumo propio pero también para la exportación, una vez transformado en su territorio, ya que sus ventas al exterior significan el 30,5% del volumen (Torres y Carrera Consultores, 2010).

España ocupa el cuarto lugar en el *ranking* internacional de importaciones, aun cuando sólo aporta el 2,7% de las compras y el 2,9% del peso total. Italia está en el tercer puesto, con el 4,1% del valor de las compras mundiales de este producto (Torres y Carrera Consultores, 2010).

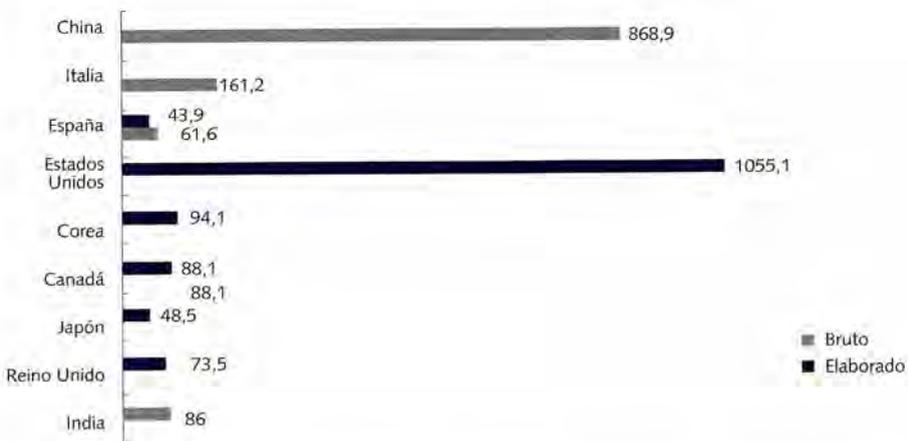


Figura 130. Principales países importadores de mármol, 2008 (cifras en miles de dólares).

Fuente: UN Comtrade.

Estados Unidos tiene como principales proveedores a Turquía (figura 131) (35,4%) e Italia (24,4%), aunque se ha registrado un cambio notable,

ya que el país otomano sufrió en 2008 una recesión en sus exportaciones a Norteamérica del 48,2%, mientras que Italia duplicó sus ventas en ese país (crecimiento del 54,4%). España apenas aporta el 6,4% del mármol importado comprado por Estados Unidos. El precio medio por tonelada importada fue de US\$1014 (Torres y Carrera Consultores, 2010).



Figura 131. Importaciones de mármol elaborado en Estados Unidos por países (en miles de toneladas).

Fuente: UN Comtrade.

China se abastece de mármol en bruto de Turquía (32,8%), Egipto (23,9%) y España (10,9%). Los dos primeros presentan crecimientos positivos desde 2005, en tanto que España redujo sus ventas al país asiático en 2008, con una caída del 0,2%. El precio promedio por tonelada fue de US\$121,5 (figura 132) (Torres y Carrera Consultores, 2010).

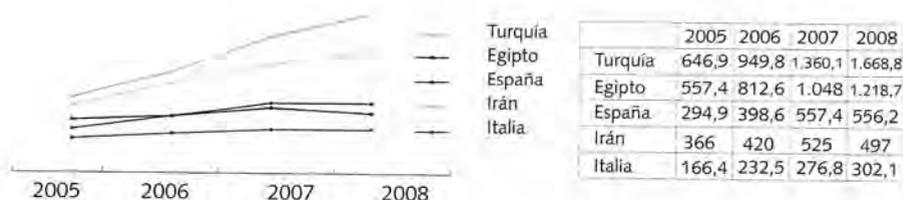


Figura 132. Importaciones de mármol bruto en China por países (en miles de toneladas).

Fuente: UN Comtrade.

El sector del mármol ha tenido una evolución positiva en el ámbito internacional en los últimos años, aunque se percibe una ralentización en su crecimiento. Las exportaciones se incrementaron un 13,8% en 2008, y tan sólo España presenta una caída del 6% en el valor de las ventas (figura 133) (Torres y Carrera Consultores, 2010).



Figura 133. Variación anual (%) de las exportaciones de mármol por países.

Fuente: UN Comtrade.

En el caso de las importaciones, se registraron datos positivos de crecimiento (3,9% en el valor de las compras), aun cuando los síntomas de estancamiento son mayores a causa de la recesión en Estados Unidos, donde las toneladas de mármol importado descendieron un 25,3%, con un valor 15,8% inferior (figura 134) (Torres y Carrera Consultores, 2010).



Figura 134. Variación anual (%) de las importaciones de mármol por países.

Fuente: UN Comtrade.

Caliza

La abundancia de caliza en el mundo hace que su comercio exterior sea escaso e irregular y se mueva en mercados regionales. Se explota en áreas de alta densidad de población, en zonas industriales, muelles, etc., formando así mercados regionales en los que los costos de transporte no afectan en gran medida el precio del producto. Esto explica por qué, aun cuando no aparecen datos recientes de fuentes oficiales, se conoce que las ventas al exterior se realizan en las franjas fronterizas con Venezuela y Ecuador, donde los consumidores, al considerar los costos de transporte, prefieren comprarle al productor minero de la región más cercana.

La información oficial registrada sobre el tema se limita a datos cuyas fuentes son el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) y el Departamento de Impuestos y Aduanas Nacionales (Dian), en tanto que los cálculos provienen del Departamento Nacional de Planeación (DNP), Dirección de Desarrollo Empresarial (DDE).

Mercado nacional

Evaluar el mercado nacional de mármol y piedra caliza implica obtener información histórica y fidedigna de los volúmenes de exportaciones e importaciones de estos materiales, e identificar los países origen-destino y la dinámica del mercado. No obstante, la información disponible para mármol y piedra caliza es exigua, lo que podría atribuirse a debilidades en la investigación de mercados, o a que las cifras no son significativas, en el contexto del aporte al PIB nacional.

Se presenta la información obtenida y consolidada, complementada con datos de importaciones y exportaciones de cal viva, cemento y cal hidráulica, productos preparados a partir de piedra caliza como materia prima.

Mármol

Los mayores importadores de mármol y demás piedras calizas de talla o construcción son Italia, España y Reino Unido, y en los países suramericanos el principal importador es Brasil (figura 135).

Colombia registra exportaciones de mármol y travertino en bruto o desbastados a China, Italia, Honduras y Venezuela (figura 136 y tabla 69).

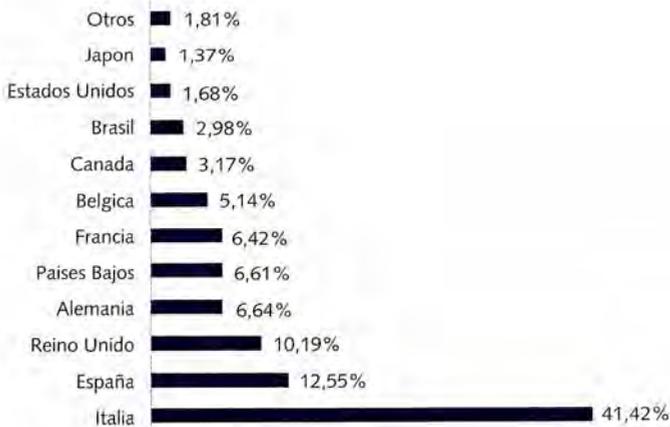


Figura 135. Principales países importadores de mármol y demás piedras calizas de talla o construcción de densidad aparente $\geq 2,5$ (2009).

Fuente: Proexport.

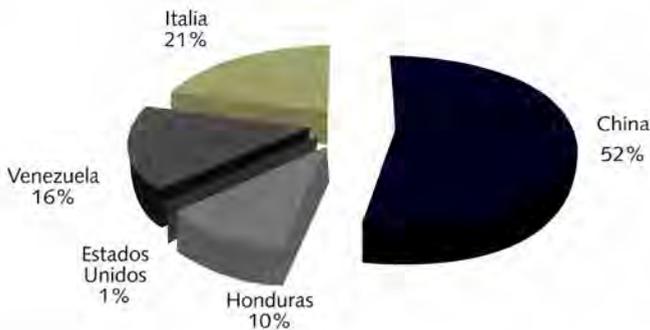


Figura 136. Principales destinos de las exportaciones colombianas de mármol y travertino, en bruto o desbastado.

Fuente: Dane-Dian. Cálculos: Proexport Colombia.

Caliza

La información obtenida de fuentes oficiales en lo que tiene que ver con el mercado nacional de piedra caliza, específicamente con los volúmenes y destinos finales de las operaciones de exportación e importación, es muy escasa. Las cifras que se presentan corresponden a los datos registrados para el mercado de cal viva, cemento y cal hidráulica (tabla 70).

Los principales importadores de cal viva, cal apagada y cal hidráulica en el plano internacional son Francia, los Países Bajos, Estados Unidos y Alemania (figura 137). En Latinoamérica, el mayor importador es Chile.

Tabla 69. Exportaciones colombianas de mármol y travertinos en bruto o desbastados

País	US\$2008 FOB	US\$2009 FOB	US\$2009 Enero-octubre	US\$2010 Enero-octubre
China				98.182,50
Honduras	5601,25	4645,50		13.745,38
Estados Unidos				2618
Venezuela	29.507,40	234,75	234,75	
Italia		18.956,90	18.956,90	

Fuente: Dane-Dian. Cálculos: Proexport Colombia.

Las cifras de exportaciones e importaciones de cemento, cal viva y cal hidráulica no son representativas; las exportaciones de cal viva son inferiores a cien mil toneladas anuales (figura 138) y las importaciones de cal viva son menores de 30 toneladas anuales.

Tabla 70. Comercio internacional de caliza (promedio 2001-2003)

Comercio internacional					
Exportaciones		Importaciones		Tasa de apertura exportadora	Tasa de penetración de importaciones
Valor US\$ miles	Participación (%)	Valor US\$ miles	Participación (%)		
2.178.649	2,14	9.347	0,04	34	0,5
Principales destinos de exportación (%)					
Panamá		Ecuador		Otros	
5,02		2,67		9,31	
Principales proveedores-importación (%)					
Estados Unidos	México		Brasil		Otros
0,7	2		0,4		96,9

Fuente: Dane-Dian. Cálculos: DNP-DDE.

Si bien en el 2008 se observa una caída en las exportaciones de cal viva (figura 139), se nota una tendencia al crecimiento de las exportaciones del 2003 al 2007. Los países de destino de exportaciones colombianas de cal viva son Jamaica, Surinam, Venezuela, y en menor proporción República Dominicana, Trinidad y Tobago, Estados Unidos, Guyana, Panamá y Puerto Rico. El principal destino de las exportaciones de cal apagada es Panamá, y se registran pequeñas cifras de exportaciones a Trinidad y Tobago, Ecuador y Venezuela.

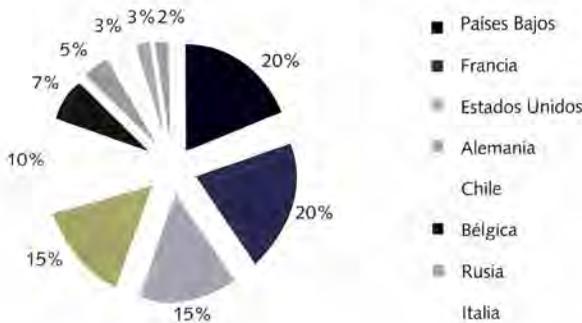


Figura 137. Principales países importadores de cal viva, cal apagada y cal hidráulica (2009).

Fuente: Proexport.

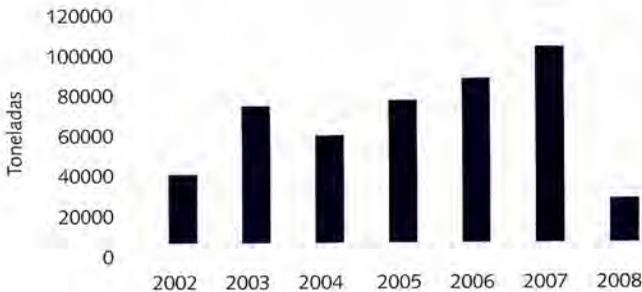


Figura 138. Exportación anual de cal viva.

Fuente: Dane-Dian.

La cal viva se importaba principalmente de Brasil y Argentina, y antes del 2005 se traía de Francia.

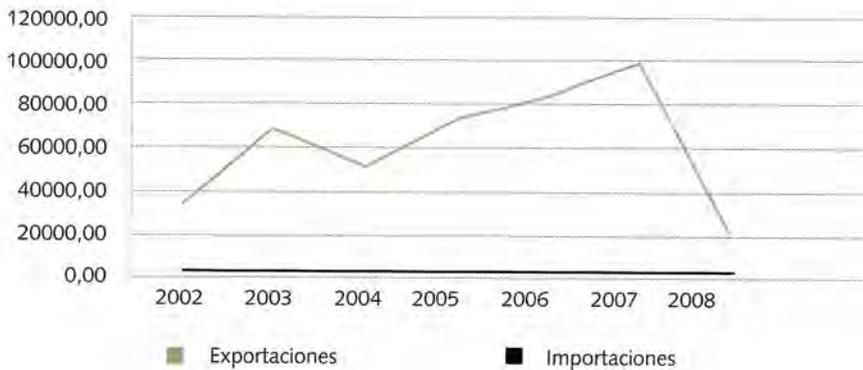


Figura 139. Comparativo de importaciones y exportaciones de cal viva en el país.

Fuente: Dane-Dian.

Similar tendencia ocurre con la cal hidráulica; las importaciones son inferiores a una tonelada anual desde el 2003 (figura 140), lo que refleja la autosuficiencia del país para este mercado.

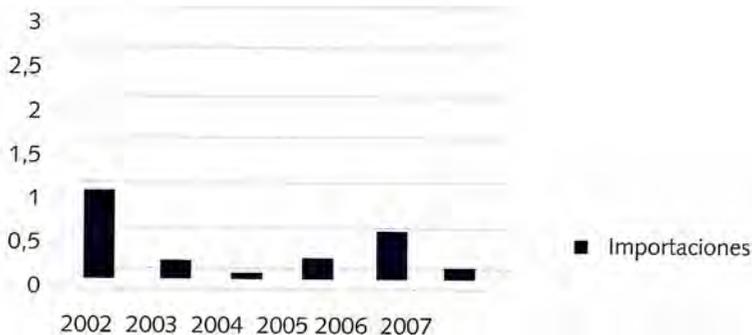


Figura 140. Importaciones de cal hidráulica.

Fuente: Dane-Dian.

Colombia se encuentra entre los mayores productores de cemento de Latinoamérica, después de Brasil y México (figura 141).

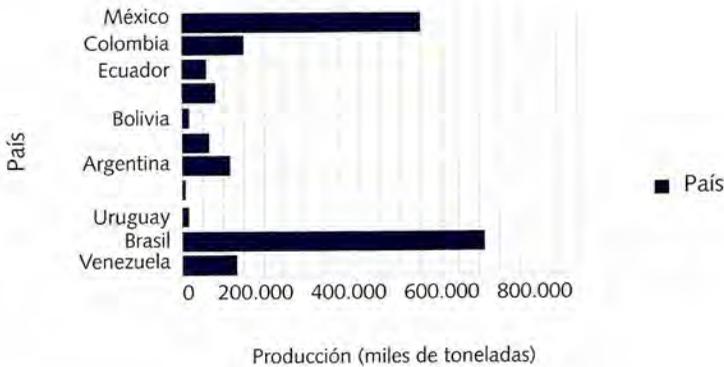


Figura 141. Principales países productores de cemento en Latinoamérica (1996-2007).

Fuente: ICPC, 2010 (SNIC, Asocem, Canacem, AFCP, IBCH, SNIC, ICPC, Cembureau).

Las exportaciones de cemento son inferiores a tres millones de toneladas anuales (figura 142); comercialmente se exportan clínker, cemento blanco, cemento p \acute{o} rtland, cemento hidr \acute{a} ulico y cementos aluminosos. Los principales destinos son Estados Unidos, Panamá, Brasil, Perú, y los países del Caribe como Haití, Aruba y República Dominicana; las importaciones de cemento son inferiores a quince mil toneladas anuales (figura 143).

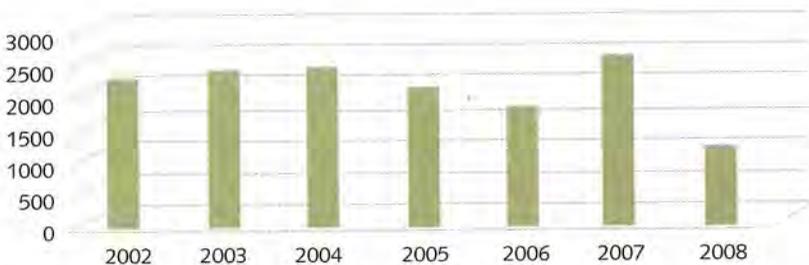


Figura 142. Exportación anual de cemento (miles de toneladas).

Fuente: Dane-Dian.

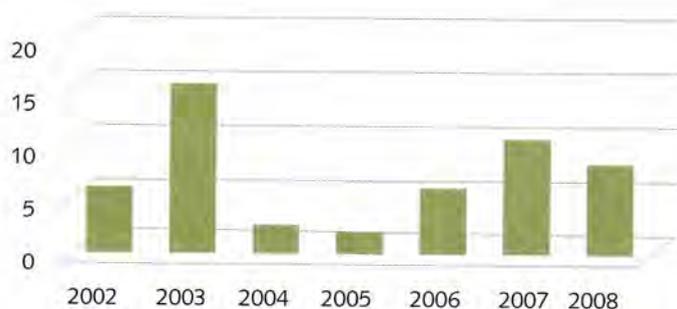


Figura 143. Importación anual de cemento (miles de toneladas).

Fuente: Dane-Dian.

Aun con tendencia a la baja en los últimos años, las exportaciones de cemento en el país superan de manera significativa a las importaciones (figura 144), lo cual refleja que la producción nacional es autosuficiente para responder a la demanda del mercado colombiano.

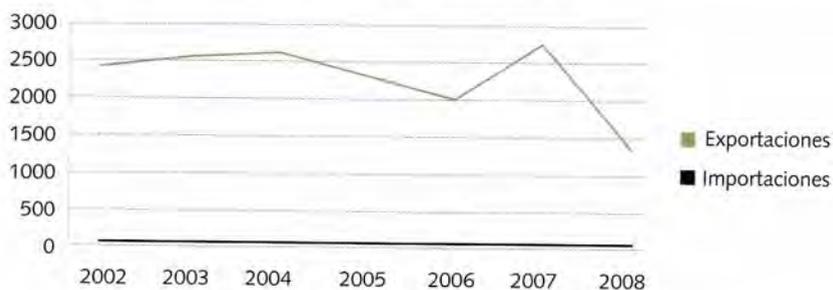


Figura 144. Comparativo de exportaciones e importaciones de cemento en Colombia.

Fuente: Dane-Dian.

Conclusiones y recomendaciones

Colombia tiene un gran potencial de rocas calcáreas, distribuidas tanto en el tiempo geológico como geográficamente; con todo, el estado actual del conocimiento geológico en general es bajo. En las cifras de reservas, recursos y potencial se omiten importantes zonas y áreas sobre las cuales no se dispone información.

Geográficamente, los depósitos y yacimientos calcáreos se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional, desde los Llanos Orientales hasta la costa atlántica, y desde los límites con Venezuela hasta las zonas de Antioquia, Huila y Putumayo.

Las zonas calcáreas con mayor potencial de reservas son, en su orden, Santander, Cesar (área Bosconia), La Guajira (área Hato Nuevo) y Boyacá. Son también muy atractivas las áreas calcáreas de El Dorado, en el borde llanero; las de Guavio y Clarín, en la zona de Cundinamarca; las áreas calcáreas de Norte de Santander; las áreas de La Popa y Tubará, en el Atlántico; las áreas de Turbaco y Púa, en Bolívar; las áreas de Puerto Berrío y Río Clarín, en Antioquia; las de San Luis, en la zona de Tolima; Las Guacas, en la zona de Valle del Cauca, y las áreas de Timaná y Tarpeya en el Huila.

Los depósitos menores revisten también gran importancia al suministrar materia prima para industrias locales, pues los actuales precios de venta no soportan un incremento en costos de transporte para largas distancias.

La comparación con otras rocas y minerales sugiere el muestreo individual de capas calcáreas, con distancias próximas entre puntos que aseguren la continuidad de la calidad, tanto en superficie como en profundidad. Se reco-

mienda la ejecución de trabajos de exploración, con métodos modernos y organizados, previo análisis de factores como posición geográfica, infraestructura de transporte, mercado final, según las sugerencias expresadas en este documento (ordenación de rocas carbonatadas y etapas de exploración geológica).

El desconocimiento de la calidad de las calizas y los mármoles en Colombia genera bastante incertidumbre respecto a los usos actuales dados; el grado de certeza en sus propiedades químicas y mecánicas, junto con apropiadas tecnologías mineras, puede incentivar su explotación al proporcionar valor agregado, en particular en el caso del mármol, y evitar la subutilización de valiosas reservas.

En cuanto al estado actual de la minería de la caliza y el mármol, se pueden identificar dos tipos claramente definidos: la minería tecnificada, realizada por grandes empresas, y la minería informal.

Las explotaciones se hacen casi en su totalidad por el sistema de cielo abierto; la minería tecnificada utiliza principalmente el sistema de bancos múltiples descendentes, perforación y voladura, empleo de maquinaria pesada para el arranque y transporte del material; cumplen con la normatividad laboral y ambiental, ya sea directamente o por intermedio de contratistas (*outsourcing*). La minería informal carece de un sistema minero definido, por lo que el personal trabaja en condiciones de alto riesgo.

La información referente a producción departamental o nacional de caliza es indirecta; las cifras provienen de la estimación de producción de clínker, reportada por las compañías productoras de cemento, pero se desconocen datos de producción para usos como cal, carbonato, agregados pétreos y rocas ornamentales.

En general, los sistemas de información son incipientes, y tanto las bases de datos como los mecanismos de difusión están atrasados en materia de accesos virtuales y sistemas de mercadeo. Se hace necesario diseñar mecanismos que permitan recolectar información sobre estadísticas directas de volúmenes de producción, precios y destino final del producto.

Si bien existe una infraestructura de transporte que facilita la evacuación de la carga desde el punto de producción hasta el destino final, un factor indispensable que permita hablar de verdadera competitividad del sector minero del mármol y la caliza lo constituye la necesidad de avanzar en la construcción de macroproyectos de infraestructuras vial, férrea y multimodal, proyectados por el gobierno nacional, todo aunado al mejoramiento de

las redes viales terciaria y secundaria, indispensable para lograr la comercialización de los minerales.

Se requiere introducir tecnologías limpias amigables con el entorno para el proceso de calcinación, utilizado en la obtención de cal, que permitan mayor calidad del producto final.

Es recomendable que se apropien los recursos necesarios para ejecutar los estudios que contribuyan a replantear la situación ambiental de los pequeños mineros de caliza y mármol, mediante la intervención de los organismos de control de la minería y el uso de rubros provenientes del pago de impuestos.

Se expone en este documento, para su discusión, una idea sobre la formación y el mejoramiento de las cuencas de sedimentación triásico-cretácicas, en cuyo origen y desarrollo inicial se propone la intervención de fallas, que luego se reactivaron durante la fase de deformación cortical terciaria. En opinión del autor (G. Renzoni), ésta es una forma objetiva de delimitar varias cuencas de sedimentación, en sus fases iniciales de fallamiento, que comprenden desde el Triásico hasta principios del Albiano, diferentes de la posterior subsidencia regional, no fallada, de toda el área.

Bibliografía

- Acosta, J., Caicedo, J. C. & Ulloa, C. (1999). Geología de la plancha 265 Icononzo. Bogotá: Ingeominas.
- Alarcón, N. & Nope, H. (2007). Estudio geológico-geofísico del yacimiento de caliza. Concesión número 842-15, Pesca (Boyacá). Tesis de grado. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 92 pp.
- Alfonso, C. & Orrego, A. (1987). *Exploración geológica de minerales no metálicos en la intendencia de Putumayo, con énfasis en las calizas de San Francisco*. Bogotá: Ingeominas-Corponariño, 127 pp.
- Arias, A. (1964). Estudio preliminar de los yacimientos calcáreos de los municipios de Timaná y Pitalito (departamento del Huila). *Informe 1463*. Servicio Geológico Nacional. Bogotá: Ingeominas.
- Arias, A. & Morales, J. C. (1999g). Geología del departamento del Cesar. *Informe I- 2341.13*. Bogotá: Ingeominas .
- Barker, J. & Austin, G. (1994). Stone, decorative. In D. Carr (ed.). *Industrial minerals and rocks*. Bloomington: Indiana Geological Survey.
- Barrera, R. (1998). Geología de las planchas 16-17 Galerazamba-Barranquilla. *Informe I-2331a*. Bogotá: Ingeominas.
- Barrera, R. (1998). Geología de las planchas 16-17 Galerazamba-Barranquilla. *Memoria explicativa*. Bogotá: Ingeominas.
- Buenaventura, J. (1975). Ocurrencias minerales en la región norte del departamento del Tolima. *Informe 1688*. Bogotá: Ingeominas.
- Buenaventura, J. (1976a). Ocurrencias minerales en las regiones sur y oriental del departamento del Tolima. *Informe 1694*, partes 1 y 2. Bogotá: Ingeominas.

- Buenaventura, J. (1976b). Ocurrencias minerales en la región sur del departamento del Tolima. *Informe 1694*, parte 2. Bogotá: Ingeominas.
- Buitrago, C. (1971). Recursos de roca calcárea en el departamento del Quindío. *Informe 1590*. Bogotá: Ingeominas.
- Buitrago, C. & Buenaventura, J. (1973). Ocurrencias minerales en la región central del departamento del Tolima. *Informe 1672*, tomos 1 y 2. Bogotá: Ingeominas.
- Burgl, H. (1957). Materia prima para la fabricación de cemento en los alrededores de Cartagena. *Informe 1221*. Bogotá: Ingeominas.
- Calvo, B., Maya, M. & Parra, J. (2001). Primeras Jornadas Iberoamericanas sobre Caracterización y Normalización de Materiales de Construcción. Madrid: Programa Cyted.
- Cárdenas, J. & Bohada, L. (1993). Estudio para la explotación del depósito de mármol Gibraltar en Rondón (Boyacá). Tesis de grado. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 20 pp.
- Carozzi, A. (1953). *Pétrografie des roches sedimentaires*. Ginebra: Edition du Griffon Neuchatel.
- Carrillo, L. & Castillo, O. (2003). Diseño de la explotación de caliza en la cantera Santa Teresita, propiedad de la empresa Calizas y Agregados Boyacá Ltda. Sáchica (Boyacá). Tesis de grado. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 237 pp.
- Cediel, F., Mojica, J. & Macía, C. (1981). Las formaciones Luisa, Payandé, Saldaña, y sus columnas estratigráficas características. *Geología Colombiana*, 3. Bogotá.
- Cementos Rioclaro (1990). *Explotación de calizas en Cementos Rioclaro S.A.* Minercol MC 1946. Bogotá: Ingeominas.
- Centre for Development of Stones-Jaipur (2010). Disponible en <http://www.cdos-india.com>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Cepeda, P. & Prieto, H. (1993). Estudio técnico económico de la cantera de caliza "Clavellina"-Corrales (Boyacá). Tesis de grado. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 49 pp.
- Colombian Petroleum Company (Colpet) (1967b). Geología del Cuadrángulo G-13 Cúcuta a escala 1:200.000. Servicio Geológico Nacional. Bogotá: Ingeominas.

- De la Espriella, R. (1958). Investigaciones sobre caliza al oriente de la sabana de Bogotá, departamento de Cundinamarca. Servicio Geológico Nacional. *Informe 1313*. Bogotá: Ingeominas.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) (2010). Estadísticas mineras. Disponible en <http://www.dane.gov.co>.
- Departamento Nacional de Planeación (2007). Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad. Documento Regional Huila, p. 18. Disponible en [http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/AgendaInterna/Dimension_Regional/Huila-copia imprenta.pdf](http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/AgendaInterna/Dimension_Regional/Huila-copia_imprenta.pdf). Consultado el 28 de diciembre de 2010.
- Departamento Nacional de Planeación (2010). Disponible en <http://www.dnp.gov.co>. Consultado el 15 de enero de 2010.
- Díaz, L. E. (2007). El mercado de la piedra natural en Australia. Oficina Económica y Comercial de España en Sídney. Sídney: Instituto Español de Comercio Exterior, p. 66. Disponible en <http://www.icex.es>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (2011). Disponible en <http://www.dian.gov.co>.
- Domínguez, E. (2005). *La calidad de los cementos y concretos en Colombia*. Bogotá: Icontec.
- Dunham, R. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En Classification of carbonate rocks (W. E. Ham, ed.). *Memoir I. Am. Assoc. Pet. Geol.* Tulsa, (Oklahoma), pp. 108-121.
- El Tiempo* (1996, 19 de septiembre). La historia del cemento en Colombia. Sección Suplementos Especiales. Bogotá: Casa Editorial El Tiempo.
- Etayo, F., Renzoni, G. & Barrero, D. (1976). Contornos sucesivos del mar cretáceo en Colombia. Primer Congreso Colombiano de Geología. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Fabre, A. (1981). Estratigrafía de la Sierra Nevada del Cocuy, Boyacá y Arauca, cordillera Oriental, Colombia. *Geología Norandina*, 4, 3-12, Bogotá.
- Fabre, A. (1983). Geología de la extremidad sur de la Sierra Nevada del Cocuy y los alrededores de La Salina y Sácama, plancha 153-Chita. *Informe 1911*. Bogotá: Ingeominas.
- Fabre, A. (1986). Géologie de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillère Orientale de Colombie). These présentée a la Faculté des Sciences de l'Université de Genève. Genève, La Suisse.

- Folk, R. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas: Hemphill Publishing Co.
- Forero, A. (1972). Estratigrafía del Precretácico en el flanco occidental de la serranía de Perijá. *Geología Colombiana*, 7. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Franco, J. & Castiblanco, C. (1993). Inventario de canteras, área de Cartagena (inédito). Bogotá: Ingeominas.
- Gallitelli, P. (1951). *Elementi di mineralogia*. Pisa, Italia: Nistri-Lischi editori.
- Geología Regional y Prospección (2009). Mapa geológico de la plancha 150-Cimitarra. Bogotá: Ingeominas.
- Geominas Ltda. (1976a). Cales del departamento del Valle del Cauca. Estudio geológico minero calizas de Vijes, fase I: geología regional. *Informe MC 0182*. Bogotá: Ingeominas.
- Geominas Ltda. (1977a). Cales del departamento del Valle del Cauca. Estudio geológico minero calizas de Vijes, fase II: evaluación minera de calizas de El Aromal. *Informe MC 0182*. Bogotá: Ingeominas.
- Geominas Ltda. (1977b). Cales del departamento del Valle del Cauca. Estudio geológico minero calizas de Vijes, fase III: proyecto minero de las calizas de El Aromal. *Informe MC 0182*. Bogotá: Ingeominas.
- Geyer, O. (1973). *Das Präkretaziche Mesozoicum von Kolumbien, Geologischhes Jahrbuch, Reihe, Helt 5*.
- Goldsmith, R., Cruz, J., Téllez, N. & Jaramillo, L. (1977). Mapa geológico de San Gil y Málaga (parte de la cuadrícula I-12 e I-13). Bogotá: Ingeominas.
- Gómez, J. (2006). Mapa geológico de Colombia, a escala 1:2.800.000. Bogotá: Ingeominas.
- González, H. (1993). Mapa geológico generalizado del departamento de Caldas. Bogotá: Ingeominas.
- González, H. & Londoño, A. C. (2001). Mapa geológico del departamento de Córdoba. Geología, recursos minerales y amenazas naturales. *Memoria explicativa*. Bogotá: Ingeominas.
- González, H. & Núñez, A. (1991). Mapa geológico generalizado del departamento del Quindío. Bogotá: Ingeominas.
- Guerra, A. (1972). Estudios geológicos de las calizas del Guavio, municipios de Ubalá y Gachalá, Cundinamarca. Servicio Geológico Nacional. *Informe 1615*. Bogotá: Ingeominas.

- Guzmán, G., Reyes, G. & Ibáñez, D. (1998). Geología de la plancha 23-Cartagena. Bogotá: Ingeominas.
- Holcim (2010). Información interna suministrada al presente estudio.
- Holguín, O. & Torres, M. (1988). Estudio de materias primas para la fabricación de cemento, Cementos Boyacá. Tesis de grado. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).
- Hubach, E. (1951). Yacimientos importantes de caliza para cal agrícola en Colombia. *Informe 769*. Bogotá: Ingeominas.
- Illán, V. E. (2007). El mercado del mármol en China. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Pekín. Pekín: Instituto Español de Comercio Exterior, p. 10. Disponible en <http://www.icex.es>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Ingeominas (1999a). Inventario minero nacional, departamento de Antioquia. Información secundaria. *Informe I-2341.1*. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (1999b). Inventario minero nacional, departamento de Bolívar. Información secundaria. *Informe I-2341.9*. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (1999c). Inventario minero nacional, departamento de Boyacá. Información secundaria. *Informe I-2341.10*. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (1999d). Inventario minero nacional, departamento de Caldas. Información secundaria. *Informe I-2341.2*. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (1999f). Inventario minero nacional, departamento de La Guajira. Información secundaria. *Informe I-2341.16*. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (1999g). Inventario minero nacional, departamento del Cesar. Información secundaria. *Informe I-2341.13*. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (1999i). Inventario minero nacional, departamento de Santander. Información secundaria. *Informe I-2341.19*. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (1999j). Inventario minero en el departamento del Tolima. Información primaria. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (2000a). Inventario minero nacional, departamento de Sucre. Recopilación de información secundaria. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (2000b). Inventario minero nacional, departamento del Magdalena. Recopilación de información secundaria. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (2000c). Inventario minero nacional, departamento del Huila. Recopilación de información secundaria. Bogotá: Ingeominas.
- Ingeominas (2009). Geología regional y prospección. Mapa geológico de la plancha 150-Cimitarra. Bogotá: Ingeominas.

- Instituto Colombiano de Productores de Cemento (2010). Colombia. Disponible en <http://www.icpc.org.co>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Instituto Colombiano de Productores de Cemento (2010). Información estadística histórica. Disponible en www.icpc.gov.co. Consultado el 25 de noviembre de 2010.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2008). *Atlas básico de Colombia*. Bogotá: Igac.
- Jeskar Ltda. (2000). Inventario geológico minero, ambiental, tecnológico y empresarial de los minerales no energéticos de Norte de Santander. Cúcuta: Convenio Instituto de Recursos Mineros y Energéticos (Irme)-Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)-Empresa Nacional Minera Ltda. (Minercol), 210 pp.
- Korea Resources Corporation (Kores) (2010). Corea. Disponible en <http://www.kores.or.kr>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Lasman, N. & Cuevas, J. (1969). Yacimiento de caliza para cal agrícola en El Dorado (Meta), DM-50, Departamento de Minería, Instituto de Fomento Industrial (IFI), documento 247. Bogotá: Ingeominas.
- Lasman, N. & Renzoni, G. (1969). Visita a unos depósitos de caliza en el departamento de Antioquia, DM-60. Bogotá: Departamento de Minería, Instituto de Fomento Industrial (IFI).
- Lexis 22 (1986). *Diccionario enciclopédico. Vox. Mineralogía Geología*. Bogotá: Círculo de Lectores.
- Londoño, J. (1970). Proyecto El Dorado, DM -72, Departamento de Minería, Instituto de Fomento Industrial, documento 263. Bogotá: Ingeominas.
- Londoño, J. (1970). *Proyectos para producción de cal agrícola*. Bogotá: Departamento de Minería, Instituto de Fomento Industrial.
- Macías, J. & Llinás, R. (1984). Observaciones recientes sobre las características del basamento económico del Valle Superior del Magdalena en la región de Payandé-Rovira (Tolima, Colombia), y en especial sobre la estratigrafía y petrografía del miembro Chicalá (parte baja de la Formación Saldaña). *Geología Colombiana*, 13. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Manjarrés, G. (1965). Calizas de San Francisco-Putumayo. *Informe 1499*, Servicio Geológico Nacional. Bogotá: Ingeominas.
- Marín, P. & París, G. (1979). Mapa geológico generalizado del departamento del Cauca. Bogotá: Ingeominas.

- Marquínez, G. & Velandia, F. (2001). Geología del departamento del Huila. Bogotá: Ingeominas.
- Martínez, L. (1964). Calizas del departamento de Norte de Santander. *Informe 1478*, Bogotá: Servicio Geológico Nacional.
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España (2010). Bases de datos Icx, España. Disponible en <http://www.icx.es>. Consultado el 15 de enero de 2011.
- Ministerio de Minas y Energía (Minminas) (2008). Estimación de la producción minera colombiana por distritos, basada en proyecciones del PIB minero latinoamericano, 2008-2010. Bogotá: Minminas, p. 68.
- Ministerio de Minas y Energía (Minminas) (2009). Distritos mineros, consultas estadísticas de las herramientas de gestión. Disponible en <http://www.distritosmineros.gov.co>.
- Ministerio de Minas y Energía (Minminas) (2010). Colombia. Disponible en <http://www.minminas.gov.co/>.
- Ministerio de Transporte (2009). Diagnóstico del transporte. Disponible en <http://www.mintransporte.gov.co>. Consultado el 15 de enero de 2010.
- Mutis, V. & Renzoni, G. (1966). Los yacimientos de calizas en la región de San Francisco. Servicio Geológico Nacional. *Informe 1510*. Bogotá: Ingeominas.
- Nivia, A. (2001). Mapa geológico del departamento del Valle del Cauca. *Memoria explicativa*. Bogotá: Ingeominas.
- Núñez, A., Mosquera, D. & Vesga, J. (1982). Mapa geológico, preliminar de la plancha 263-Ortega. Bogotá: Ingeominas.
- Oficina Económica y Comercial de España en Ankara (Oece) (2010). Ankara (Turquía), p. 15. Disponible en <http://www.icx.es>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Ojeda, J. & Fuentes, M. (2007). Evaluación geológica, análisis químico, petrográfico y cálculo de reservas de las calizas del sector de Corrales. Tesis de grado. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 55 pp.
- Ordóñez, R. (1960a). Yacimiento de caliza de Suescún (Boyacá). *Informe 1367*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.
- Ordóñez, R. (1960b). Yacimientos de caliza para la Planta de Soda de la Costa, departamentos de Bolívar y Atlántico. *Informe 1361*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.

- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1980). Marco internacional de las Naciones Unidas para la clasificación de reservas/recursos-combustibles sólidos y sustancias minerales. Energy/Wap. 1/R.70.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2010). Thesaurus Naciones Unidas. Disponible en <http://lib-thesaurus.un.org/>. Consultado en julio de 2010.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Ocde). Disponible en <http://www.oecd.org>.
- Orrego, A. & Restrepo, H. (1970). Posible yacimiento de las calizas de Pitayó. *Informe 1556*. Bogotá: Ingeominas, p. 21.
- París, G. & Marín, P. (1979). Generalidades acerca de la geología del departamento del Cauca. Bogotá: Ingeominas.
- Peña, G. (1974). Depósitos calcáreos de San Francisco y río Titango (departamento del Putumayo), DM-90, Departamento de Minería, Instituto de Fomento Industrial. *Documento 72*. Bogotá: Ingeominas.
- Peña, G. & Renzoni, G. (1974). Yacimiento calcáreo de Ninayaco (Mocoa, Putumayo), DM-92. Bogotá: Departamento de Minería, Instituto de Fomento Industrial.
- Pettijohn, F. L. (1963). *Rocas sedimentarias*. Traducción de la segunda edición. Rivadavia: Editorial Universitaria de Buenos Aires, pp. 383-427.
- Pettijohn, F. L. (1970). *Rocas sedimentarias*, tercera edición. Nueva York: Harper & Row.
- Pettijohn, F. L. (1975). *Sedimentary rocks*, third edition. Nueva York, Evans-ton, San Francisco, London: Harper & Row.
- Proexport (2011). Colombia. Disponible en <http://www.proexport.com.co>.
- Protexa (1967). Exploración de calizas para fabricación de cemento pórtland. Minercol, D-284. Bogotá.
- Pulido, O. (1979). Geología de las planchas 135 San Gil y 151 Charalá, departamento de Santander. *Boletín Geológico*, 23(2). Bogotá: Ingeominas.
- Pulido, O. (1979). Mapa geológico de la plancha 135-San Gil. Bogotá: Ingeominas.
- Pulido, O. (1985). Mapa geológico de la plancha 151-San Gil. Bogotá: Ingeominas.
- Pulido, O., Gómez, L. E. & Marín, P. (1998). Geología de la plancha 266-Villavicencio. Bogotá: Ingeominas.

- Quesada, O. (2000). Evaluación geológica de los niveles de margas en la mina de caliza San Antonio-Duitama. Tesis de grado. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 255 pp.
- Renzoni, G. (1968). Geología del Macizo de Quetame. *Geología Colombiana*, 5, 75-124. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Renzoni, G. (1981). Geología del cuadrángulo J-12 Tunja. *Boletín Geológico*, 24(2), Bogotá: Ingeominas.
- Renzoni, G. (1989). La secuencia aurífera de la serranía de Naquén. *Boletín Geológico*, 20(2). Bogotá: Ingeominas.
- Renzoni, G. (1994a). Catálogo de las unidades estratigráficas de Colombia. Caballos (formación). Bogotá: Ingeominas, 35 pp.
- Renzoni, G. (1994b). Catálogo de las unidades estratigráficas de Colombia. Yaví (formación). Bogotá: Ingeominas, 18 pp.
- Renzoni, G. (2007a). Carbón, en R. Gilart. Recursos minerales de Colombia (inédito). *Publicaciones Geológicas Especiales*, X. Bogotá: Ingeominas.
- Renzoni, G. (2007b). Caliza, en R. Gilart. Recursos minerales de Colombia (inédito). *Publicaciones Geológicas Especiales*, X. Bogotá: Ingeominas.
- Renzoni, G. (2007c). Dolomía, en R. Gilart. Recursos minerales de Colombia (inédito). *Publicaciones Geológicas Especiales*, X. Bogotá: Ingeominas.
- Renzoni, G. & Rosas, H. (1981). Geología de la plancha 171-Duitama. Bogotá: Ingeominas.
- Renzoni, G., Rosas, H. & Etayo, F. (1983). Geología de la plancha 191-Tunja. Bogotá: Ingeominas.
- Reyes, G. A. & Zapata, G. (2001). Geología de la plancha 24 Sabanalarga. *Memoria explicativa, Informe I-2333a*. Bogotá: Ingeominas.
- Reyes, G., Guzmán, G., Barbosa, G. & Zapata, G. (2001). Geología de las planchas 23-Cartagena y 29-30-Arjona. *Memoria explicativa*. Bogotá: Ingeominas.
- Reyes, I. (1984). Geología de la región Duitama-Sogamoso-Paz del Río. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 107 pp.
- Rodríguez, E. (1987). Caliza y dolomita. *Publicaciones Geológicas Especiales*, 1. Bogotá: Ingeominas.
- Rodríguez, G. & Londoño, A. C. (2002). *Geología del departamento de La Guajira*. Bogotá: Ingeominas.
- Rosas, H. (1975). Yacimientos de caliza cristalina en Pitayó, Cauca. *Informe 1682*. Bogotá: Ingeominas.

- Sandoval, J. (1952). Yacimiento calcáreo en el municipio de Tona, Santander. *Informe 1207*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.
- Sesmero, M. (2008). Estudio de mercado. El mercado de la piedra natural en EE.UU. Oficina Económica y Comercial de España en Miami, Instituto Español de Comercio Exterior. Miami, p. 43. Disponible en <http://www.icex.es>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Sistema de Información Minero Colombiano (Simco) (2010). Estadísticas de producción, exportaciones, importaciones, precios de minerales. Disponible en www.simco.gov.co. Consultado en enero de 2011.
- Sunches, J. F. (2005). Nota sectorial sobre mármol y sus manufacturas para construcción en México, gobierno de Aragón. Oficina Comercial de España en México. México, D. F. Disponible en <http://www.camarazaragoza.com/publicaciones/documentos/documento158.pdf>. Consultado el 29 de diciembre de 2010.
- Tenjo, S. & Leiva, C. A. (1967). Geología de los depósitos de caliza del municipio de Vijes, departamento del Valle del Cauca. Servicio Geológico Nacional. *Informe 1528*. Bogotá: Ingeominas.
- Tobón, J. & Monsalve, J. (2001). El *sublevel stoping* aplicado a la mina de caliza El Toro, de Cementos El Cairo. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 14. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, pp. 59-78.
- Torres y Carrera Consultores de Comunicación (2010). Mármol: magnitudes básicas y tendencias, p. 3. España. Disponible en <http://prensa.torresycarrera.com/admin/docs/docportada2010/informemarmol.pdf>. Consultado el 28 de diciembre de 2010.
- Trevisan, L. & Tongiorgi, E. (1958). *La Terra*. Torino, Italia: Unione Tipografico-Editrice Torinese.
- Tschanz, C., Jimeno, A. & Cruz, J. (1970). Recursos minerales de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Boletín Geológico*, XVIII (1). Bogotá: Ingeominas.
- Ujueta, G. (1960). Yacimientos minerales de Villa de Leiva, departamento de Boyacá. *Informe 1363*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional. .
- Ujueta, G. (1964). Geología y posibilidades económicas de depósitos calcáreos al oeste de San Martín (Meta), entre los ríos Cumaral y La Cal. *Boletín Geológico*, XXII (1-3). Bogotá.
- Ulloa, C. & Rodríguez, E. (1978). Mapa geológico de la plancha 170 Vélez. Bogotá: Ingeominas.

- Ulloa, C. & Rodríguez, E. (1979). Geología del cuadrángulo K-12 Guateque. *Boletín Geológico*, XXII (1), 3-56. Bogotá: Ingeominas.
- Ulloa, C., Escobar, R. & Rodríguez, E. (1973). Mapa geológico de la plancha 192 Laguna de Tota. Bogotá: Ingeominas.
- Unidad de Planeación Minero Energética (Upme) (2005). *Boletín estadístico de minas y energía 1999-2005*. Bogotá: Minminas.
- United Nations Commodity Trade Statistics Database, Comtrade. Base de datos Comtrade. Disponible en <http://comtrade.un.org/db/>. Consultado el 15 de enero de 2011.
- US Geological Survey (USGS). Disponible en <http://www.usgs.gov/>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Vargas, R., Arias, A., Jaramillo, L. & Téllez, N. (1987). Geología de la plancha 152. Bogotá: Ingeominas.
- Velandia, F., Núñez, A. & Marquínez, G. (2001). Mapa geológico del departamento del Huila. *Memoria explicativa*. Bogotá: Ingeominas.
- Vergara, H. I. (2007). Nota de información del sector de la minería en Corea del Sur. Oficina Económica y Comercial de España en Seúl. Seúl: Instituto Español de Comercio Exterior, p. 9. Disponible en <http://www.icex.es>. Consultado el 30 de diciembre de 2010.
- Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, J. & Restrepo, H. (1970). Recursos minerales de parte de los departamentos de Norte de Santander y Santander. *Boletín Geológico*, XVIII (3). Bogotá: Ingeominas.
- Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, J. & Restrepo, H. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, departamento de Santander. *Boletín Geológico*, XXI (1-3). Bogotá: Ingeominas.
- Wokittel, R. (1953). Aspectos del yacimiento de calizas en la Hoya del Cobre, en el páramo de Sumapaz, al sur de Bogotá. S *Informe 929*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.
- Wokittel, R. (1957). Calizas de California-Suratá, departamento de Santander. *Informe 1261*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.
- Zambrano, F. (1965), Reconocimiento de los niveles calcáreos en los municipios Baraya, Tello y Caguán. *Informe 1494*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.
- Zambrano, F., Cáceres, C. & Valdiri, J. (1965). Caliza para una fábrica de cemento en el departamento de Córdoba. *Informe 1495*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.

El cuerpo del texto del libro
*La Caliza en Colombia: geología,
recursos, calidad y potencial*
está compuesto en tipos
Minion Pro y Syntax Lt Std
Impreso en 2012 en



Últimas publicaciones de la colección

30

El carbón. Muestreo, análisis y clasificación de recursos y reservas

Segunda edición

2010

29

Paleosismología de la Falla de Ibagué

Jairo A. Osorio N. et al.

2009

28

Geología de la Sabana de Bogotá

Diana María Montoya Arenas

Germán Alfonso Reyes Torres

2007

27

Aspectos geoambientales de la Sabana de Bogotá

Thomas van der Hammen et al.

2004

26

La cordillera de los Andes

Carlos Eduardo Acosta Arteaga

2003

25

Estructura tectónica y modelos en 3D del piedemonte occidental de la cordillera Oriental y del valle medio del Magdalena, Colombia (en inglés)

Jorge Enrique Acosta Garay

2002

24

Reconocimiento geológico del macizo de Garzón

Luis Armando Murcia Leal

2002

23

Materiales de construcción en la Sabana de Bogotá

Leopoldo González O.

John Fernán Cárdenas

Guillermo Parrado L.

2001



La Caliza en Colombia: geología, recursos, calidad y potencial es el resultado de una recopilación, integración, validación y análisis de la información sobre caliza y mármol en Colombia, centrado en aspectos como la geología de los depósitos, distribución a través del tiempo geológico, distribución geográfica en el territorio colombiano, recursos, reservas, calidad, usos, minería, análisis de la infraestructura vial actual del país, aspectos económicos como producción, importaciones, exportaciones y demás información relacionada, que permite conocer el estado actual de estos importantes recursos minerales en el país.

Igualmente, se pone a consideración de los lectores una idea sobre la formación y el desarrollo de las cuencas de sedimentación triásica-cretácica en Colombia, en cuyo origen se establece la actuación de fallas que luego se reactivaron durante la fase de deformación cortical terciaria.

ISBN: 978-958-99528-4-9

ISBN 958995284 4



9 789589 952849