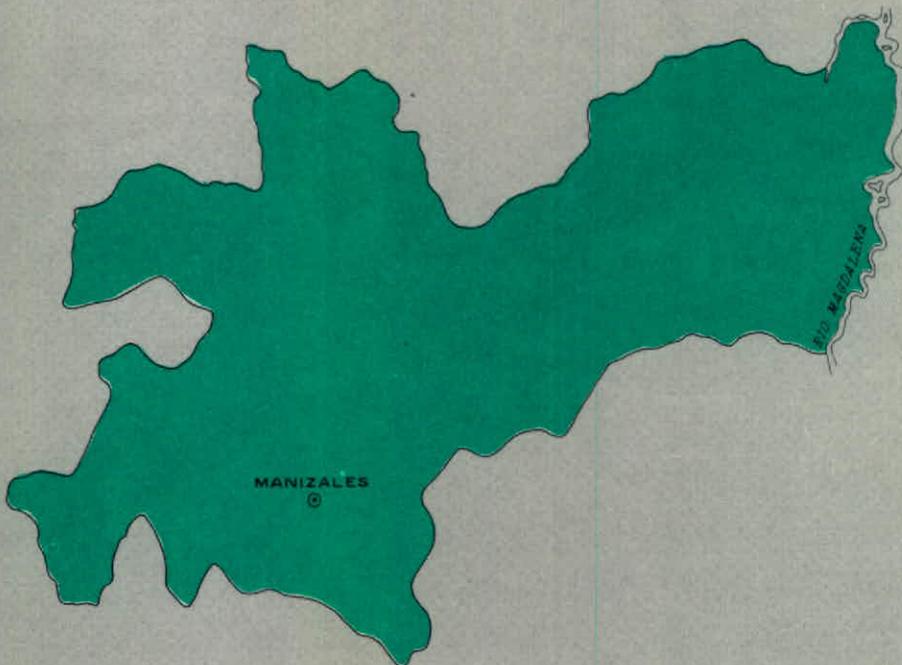


REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química  
**INGEOMINAS**

# MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS



ESCALA 1:250.000

## Geología y Recursos Minerales

MEMORIA EXPLICATIVA

1993

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERIA Y QUIMICA

**INGEOMINAS**

**MAPA GEOLOGICO DEL DEPARTAMENTO  
DE CALDAS**

**Geología y Recursos Minerales**

ESCALA: 1:250.000

**MEMORIA EXPLICATIVA**



1993

Derechos reservados por:

INGEOMINAS: Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química.

Diagonal 53 No. 34-53, A. A. N° 4865.

Santafé de Bogotá, D. C., Colombia S. A.

Formato de publicación 17 x 24 cm

Autor Editor:

**INGEOMINAS**

Editado e impreso por INGEOMINAS

## CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCION.....	6
2. GENERALIDADES.....	7
2.1. FISIOGRAFIA.....	7
2.2. HIDROGRAFIA.....	11
2.3. CLIMA.....	13
2.4. ZONAS DE VIDA VEGETAL.....	13
2.5. ACTIVIDAD ECONOMICA.....	15
2.6. COMUNICACIONES.....	15
2.7. POBLACION.....	16
2.8. FUENTES DE INFORMACION.....	16
3. ESTRATIGRAFIA.....	18
3.1. PALEOZOICO.....	18
3.1.1. COMPLEJO CAJAMARCA.....	19
3.1.2. INTRUSIVOS NEISICOS SINTECTONICOS (Pin, Pinm, Pa).....	23
3.2. MESOZOICO.....	25
3.2.1. JURASICO.....	25
3.2.2. CRETACEO.....	26
3.3. CENOZOICO.....	37
3.3.1. STOCKS TONALITICOS (Tcdm, Tcdn, Tcdh, Tcdf).....	37
3.3.2. STOCK DE IRRA (Tmdi).....	38
3.3.3. ROCAS HIPOABISALES PORFIDICAS (Tadm, Tadi, Tadm, Tadm, Tadh y Td) ..	38
3.3.4. FORMACION AMAGA (Toi, Tom, Tos).....	40
3.3.5. GRUPO HONDA (Tsh).....	40
3.3.6. FORMACION COMBIA (Tmc).....	41
3.3.7. FORMACION MESA (Tsm).....	41
3.3.8. FLUJOS ANDESITICOS (TQa).....	41
3.3.9. FLUJOS ANDESITICOS RECIENTES (Qa).....	42
3.3.10. DEPOSITOS PIROCLASTICOS (Qto).....	42
3.3.11. FLUJOS DE LODO VOLCANICO (Qfl).....	43
3.3.12. DEPOSITOS GLACIARES (Qg).....	44
3.3.13. ALUVIONES RECIENTES (Qar).....	44
4. TECTONICA.....	44
5. GEOLOGIA ECONOMICA.....	47
5.1. RECURSOS MINERALES METALICOS.....	47
5.1.1. ORO-PLATA.....	49
5.1.2. ANTIMONIO.....	49
5.1.3. MANGANESO.....	49
5.1.4. PLOMO, ZINC, COBRE.....	49
5.1.5. HIERRO.....	51
5.1.6. MERCURIO.....	51

Pág.

5.2. RECURSOS MINERALES NO METALICOS .....	51
5.2.1. MARMOL-CALIZAS .....	51
5.2.2. ARCILLAS .....	51
5.2.3. CARBON .....	52
5.2.4. FELDESPATOS .....	52
5.2.5. MATERIALES DE CONSTRUCCION .....	52
5.2.6. MINERALES RADIATIVOS .....	53
5.2.7. RECURSOS GEOTERMICOS .....	53
6. AMENAZAS GEOLOGICAS .....	53
6.1. AMENAZA SISMICA .....	53
6.2. AMENAZA VOLCANICA .....	53
6.3. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	55
6.4. INUNDACIONES - AVENIDAS TORRENCIALES .....	55
6.5. EROSION DE SUELOS .....	55
7. EVOLUCION GEOLOGICA .....	56
8. BIBLIOGRAFIA .....	58

## ILUSTRACIONES

1. Localización y límites políticos del Departamento de Caldas.....	8
2. Mapa de matices hipsométricos del Departamento de Caldas.....	9
3. Mapa de hoyas hidrográficas en el Departamento de Caldas.....	12
4. Mapa ecológico del Departamento de Caldas.....	14
5. Fuentes de información cartográfica-geológica utilizadas en la elaboración del mapa Geológico de Caldas.....	17
6. Columnas estratigráficas de las formaciones Valle Alto y Abejorral en el área de San Félix - Valle Alto, Departamento de Caldas.....	27
7. Riesgos estructurales predominantes en el Departamento de Caldas.....	46
8. Corte geológico esquemático en el límite entre las cordilleras Central y Occidental a 5°25'N.....	48
9. Inventario histórico de desastres naturales, período 1920-1990 .....	54

## TABLAS

1. Pisos térmicos, extensión y temperaturas. Departamento de Caldas .....	13
2. Edades radiométricas en el Departamento de Caldas .....	29
3. Producción de oro y plata por municipios en el Departamento de Caldas.....	50

## RESUMEN

El Departamento de Caldas se encuentra situado entre dos grandes sistemas montañosos, las Cordilleras Central y Occidental de los Andes Colombianos. Incluye grandes cuencas estructurales (Magdalena y Cauca), donde se han acumulado secuencias sedimentarias terciarias de gran espesor producto de la erosión y actividad volcánica. Este territorio se encuentra afectado por grandes sistemas de fallas (Romeral y Palestina) y en él se encuentran las manifestaciones volcánicas más septentrionales de la cadena andina.

El núcleo de la Cordillera Central está conformado por metamorfitas paleozoicas del Complejo Cajamarca localizadas al este de la Falla de San Jerónimo, límite oriental del sistema Romeral; estas rocas predominan en el flanco oriental y corresponden a metamorfitas en facies esquisto verde a anfibolita, intensamente plegadas, falladas y afectadas por eventos térmicos superpuestos hasta el Cretáceo tardío. Secuencias sedimentarias, sedimentario-volcánicas de ambientes neríticos y ofiolíticas del Cretáceo predominan en el flanco occidental. En este mismo sector aflora un pequeño remanente de sedimentitas marinas del Jurásico. Intrusivos del Mesozoico y Eoceno, de composición tonalítica-granodiorítica, intruyen las unidades deformadas y metamorizadas regionalmente. Depósitos volcánicos y volcanoclásticos del Pleistoceno cubren las formaciones más antiguas.

En la Cordillera Occidental afloran toleitas cretácicas generadas en arcos volcánicos inmaduros, localizadas al oeste del sistema de fallas de Romeral, zona a lo largo de la cual se emplazaron durante el Cretáceo ofiolitas no secuenciales y metamorfitas de media - alta presión. Estas rocas fueron deformadas durante el Cretáceo tardío. En la depresión del Cauca, intrusivos subvolcánicos de composición andesítica de edad Mioceno a más jóvenes intruyen sedimentitas terciarias y podrían ser la fuente de los depósitos volcanoclásticos que allí se observan.

La Cordillera Central está limitada por dos grandes sistemas de fallas: al Este por el de Palestina - Mulato que delimita la depresión geomorfológica del Valle del Magdalena considerada como una fosa o semifosa, y al Oeste por el de Romeral que la separa geológicamente de la Cordillera Occidental y delimita la depresión del Cauca.

Los recursos minerales conocidos y explotados están representados por minerales no metálicos: calcáreos, carbón, materiales de construcción y por metales preciosos (oro-plata) base de la actividad minera en el departamento.

## ABSTRACT

The Department of Caldas is situated between two great mountain chains, the Central and Western Cordilleras of the Colombian Andes. It includes two large structural basins (Magdalena and Cauca), where thick Tertiary sedimentary sequences, the products of erosion and volcanic activity, have accumulated. This

territory is affected by great fault systems, such as Romeral and Palestina, and in it are the northernmost manifestations of active volcanism in the Andean chain.

The core of the Central Cordillera consists of Paleozoic metamorphics of the Cajamarca complex located to the East of the San Jerónimo Fault; these rocks predominate on the eastern flank and correspond to metamorphites which vary from green schist to amphibolite facies and were intensely folded, faulted and affected by superimposed thermal events until late Cretaceous times. Cretaceous sedimentary and volcanosedimentary sequences in neritic environments and ophiolitic associations predominate on the Western flank. In this same section a small remnant of Jurassic marine sediments crops out. Mesozoic and Eocene intrusive rocks of granodioritic-tonalitic composition intrude the regionally deformed and metamorphosed units. Volcanic and volcanoclastic deposits of Pliocene-Pleistocene age cover the older formations.

In the Western Cordillera, Cretaceous tholeiitic basalts similar to those generated by Intra-Andean Islands Arcs are located to the west of the Romeral Fault System, the zone along which Cretaceous non-sequential ophiolites and medium to high pressure metamorphic rocks were emplaced. These rocks were deformed during the late Cretaceous. In the Cauca depression andesitic subvolcanic intrusives of Miocene age or younger intrude Tertiary sediments and could be the source of volcanoclastic rocks observed in the area.

The Central Cordillera is bordered by two great fault systems; to the East by that of Palestina-Mulato which limits this cordillera from the geomorphological depression of the Magdalena Valley considered a trench or a semitrench, and that of Romeral which separated it geologically from the Western Cordillera and borders the Cauca depression.

The known and actually exploited material resources are represented by nonmetals such as calcareous, coal and construction materials and by precious metals (gold and silver) on which is based the mining activity in the department.

## 1. INTRODUCCION

La elaboración del mapa geológico de un área específica es el resultado de una intensa actividad cartográfica e investigativa que permite, en un momento dado, ofrecer al lector una visión global de la geología y su relación con la geografía.

La estructura geológica de un territorio desempeña un papel primordial en el diseño y construcción de obras civiles, planeación del uso del suelo, delimitación de áreas de riesgo potencial y en la prospección de recursos naturales. Es por estas razones que INGEOMINAS considera la cartografía geológica como la infraestructura básica necesaria para el desarrollo geológico y minero del país.

El Mapa Geológico de Caldas se preparó teniendo en cuenta las múltiples aplicaciones que tiene un documento de esta naturaleza para la evaluación de sus

recursos no renovables y el análisis de los problemas geológicos involucrados en la ejecución de las obras de infraestructura básica para el desarrollo de esta región, afectada por frecuentes fenómenos telúricos y durante los últimos años por la reactivación del Volcán Nevado del Ruiz. La reseña explicativa que acompaña el mapa amplía desde los puntos de vista litoestratigráfico, tectónico y económico la información consignada a escala 1:250.000.

La descripción de las unidades litológicas se ha hecho de acuerdo con un orden cronológico, teniendo en cuenta la leyenda del mapa y considerando que las geoformas actuales y sus límites son el resultado de los procesos geológicos que han actuado a través del tiempo.

La responsabilidad de la información geológica contenida, tanto en el mapa como en su memoria explicativa, es de quien hizo la compilación e interpretación respectiva, pero es obvio que el mapa en sí y la información utilizada para la elaboración de la memoria, son obra de muchos geólogos que con su trabajo de campo o investigativo han contribuido a su autoría.

## 2. GENERALIDADES

El Departamento de Caldas está localizado en la región central de Colombia entre los 4°48' y 5°47' de latitud norte, y los 74°37' y 75°58' de longitud al oeste de Greenwich (Figura 1), con una extensión superficial de 7.507 km<sup>2</sup> (Gobernación de Caldas, 1987) o 7.888 km<sup>2</sup> (IGAC, 1980; DANE, 1986); 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 Risaralda.

### 2.1. FISIOGRAFIA

El relieve del Departamento de Caldas es resultado de eventos geológicos que han actuado a través del tiempo sobre rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, cubiertas en parte por depósitos piroclásticos. Se pueden distinguir las siguientes unidades fisiográficas:

- Llanuras, vegas y terrazas de origen sedimentario, localizadas sobre las márgenes de los ríos Magdalena y Cauca.
- Las Cordilleras Central y Occidental que constituyen la parte más predominante de la región central del territorio caldense, con gran variedad de paisajes y subpaisajes.

Esta conformación topográfica variada, derivada de las cordilleras Central y Occidental, así como de las hoyas hidrográficas de los ríos Magdalena y Cauca imprimen una diversidad de alturas que van desde los 5.400 m s.n.m. en el Nevado del Ruiz hasta unos 100 m s.n.m. en La Dorada sobre el río Magdalena (Figura 2).

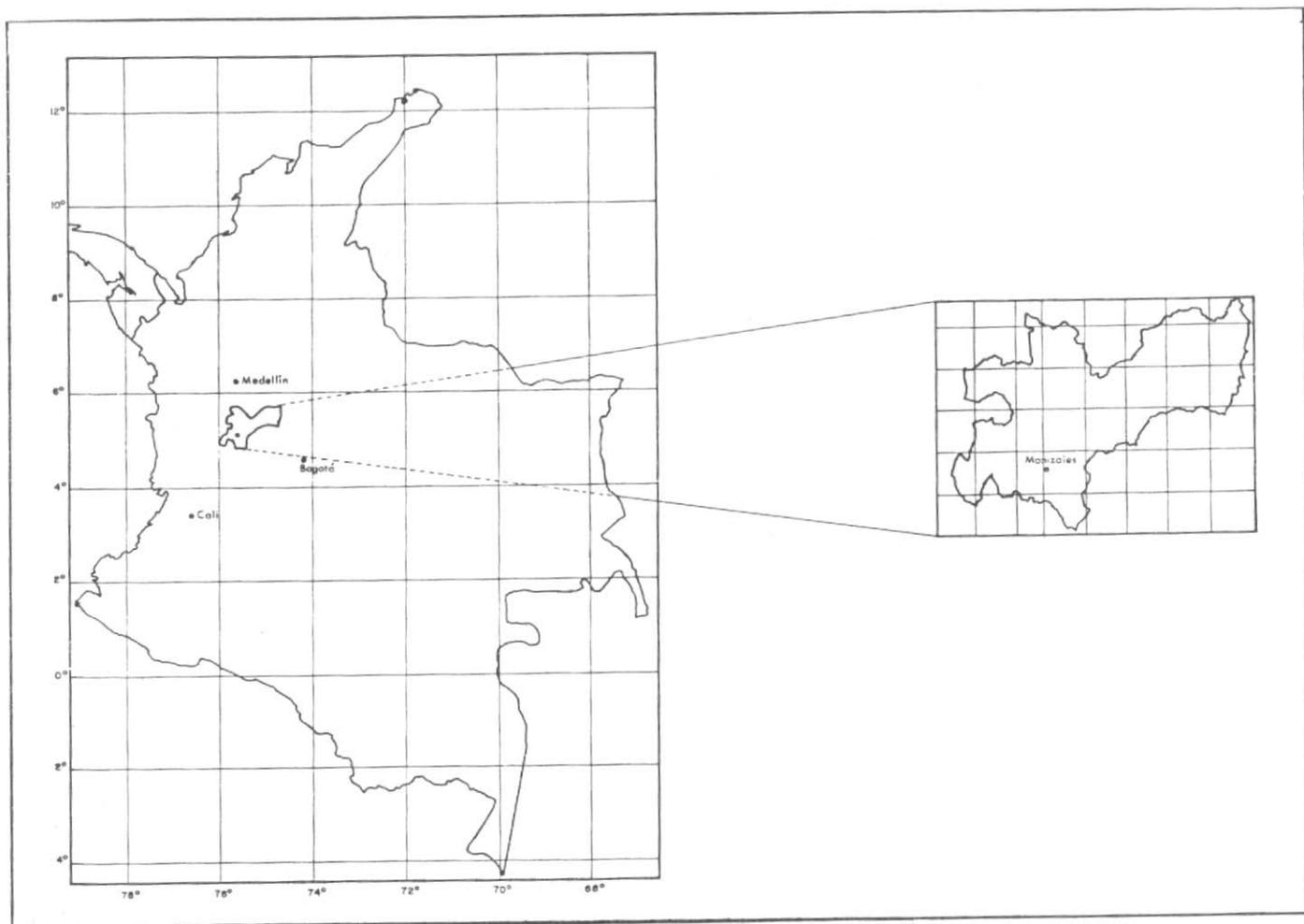


FIGURA 1: Localización y límites políticos del Departamento de Caldas. (IGAC, 1977).

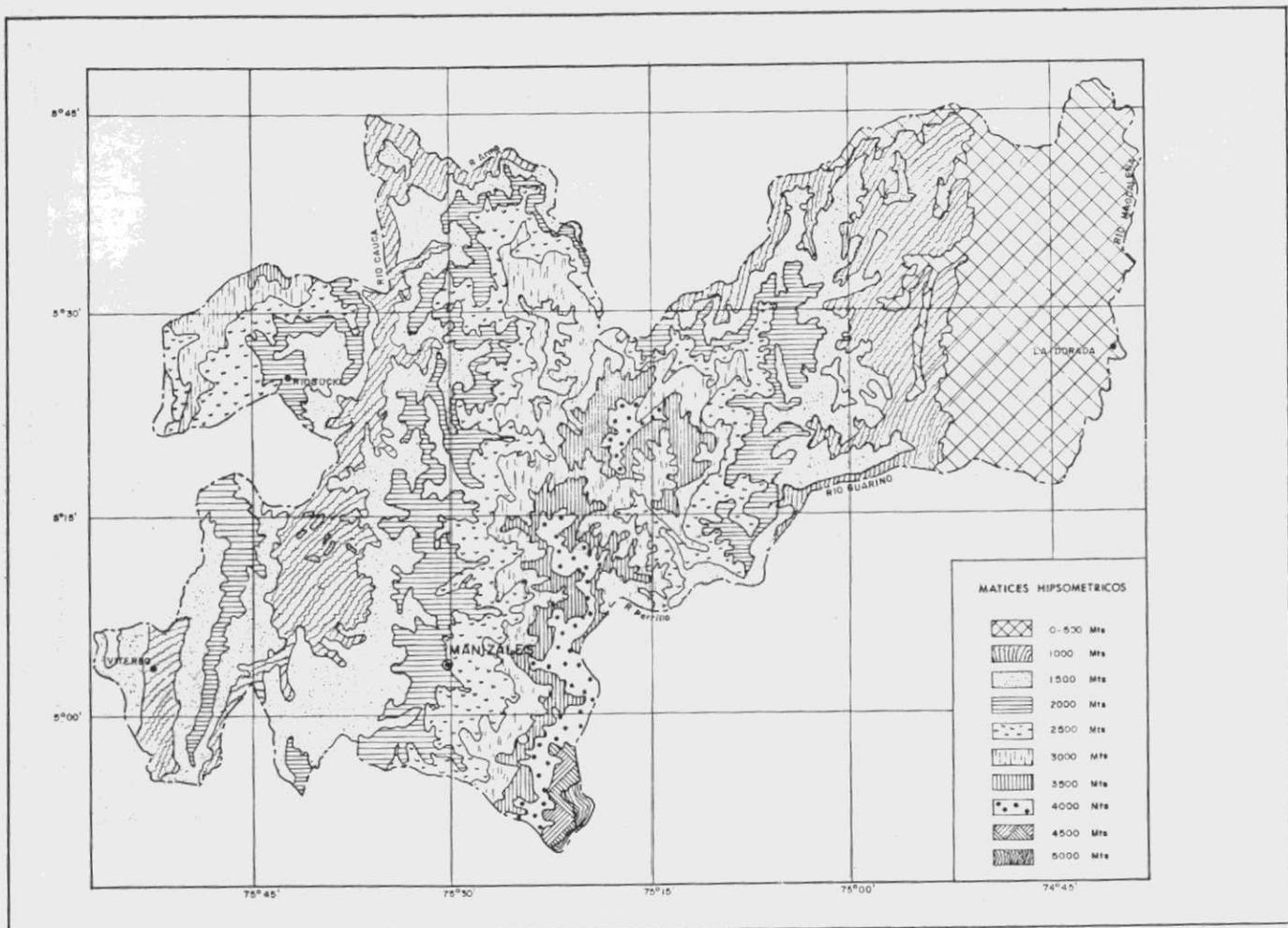


FIGURA 2: Mapa de matices hipsométricos del Departamento de Caldas. (URPA- CALDAS).

Se pueden establecer cuatro grandes regiones naturales con características morfológicas bien definidas (FLORES, 1986):

- **Zona Occidente.** Ubicada en las estribaciones de la Cordillera Occidental, corresponde a áreas de montaña con pendientes que van de cortas a largas, cuyo basamento geológico está constituido por rocas volcánicas básicas que originan suelos de mediana profundidad y características físicas variables. La erosión predominante es superficial pero localmente se observan remociones en masa.

En sectores bien delimitados se encuentran formaciones sedimentarias cuya topografía es muy variada, de pendientes largas, medianas y cortas, y suelos de mediana profundidad susceptibles a erosiones superficiales y a remociones en masa.

El valle del Río Risaralda presenta sedimentos no consolidados recientes a antiguos en topografías planas acolinadas; sus suelos son generalmente profundos. Las terrazas del Río Cauca corresponden a sedimentos consolidados con topografías planas a onduladas e intensamente disectadas y en ellas se presentan fenómenos erosivos superficiales y subsuperficiales.

**Zona Norte.** Se localiza en la vertiente occidental de la Cordillera Central. Está caracterizada por montañas con pendientes muy largas sobre unidades metamórficas con una superficie de erosión profunda, la cual incide en fenómenos erosivos de gran magnitud como solifluxiones, reptaciones, derrumbes y desplomes. Los suelos son profundos a medianamente profundos, bastante susceptibles a la erosión.

Entre Neira y La Merced sobre las formaciones sedimentarias se encuentran regiones con pendientes de grado fuerte y longitudes medias. Los suelos son similares a los desarrollados sobre rocas metamórficas.

En la parte occidental de esta zona, hacia el Río Cauca, se presentan topografías de colinas bajas a altas con suelos medianamente profundos.

- **Zona Centro Sur.** Corresponde a la gran provincia fisiográfica Cordillera Central.

La topografía es abrupta en los municipios de Manizales, Villamaría y parte de Chinchiná, coincidiendo ésta con unidades metamórficas similares a la de la Zona Norte. Hacia el occidente de estos municipios y de Palestina, la topografía se suaviza sobre rocas sedimentarias y volcánicas básicas con gruesas capas de ceniza que originan suelos muy profundos resistentes a la erosión.

- **Zona oriente.** La parte occidental de esta zona pertenece a la provincia de la Cordillera Central con una topografía de montañas con pendientes muy largas de grado fuerte sobre rocas metamórficas, con una meteorización

profunda que las hace susceptibles a la erosión. Además, se encuentran estrechos valles coluviales de suelos profundos y en partes con limitantes de piedra.

La parte oriental pertenece a la provincia topográfica del Valle del Magdalena. Corresponde a formaciones sedimentarias con algunos remanentes de rocas metamórficas y una topografía variada que va de colinas altas hasta terrazas densamente disectadas con relieve fuertemente colinado y áreas planas.

Las zonas de colinas tienen pendientes cortas a medias de grados medios a fuertes y suelos poco profundos con erosiones superficiales intensas.

En las terrazas y en las áreas planas, los suelos son profundos, poco susceptibles a la erosión.

## 2.2. HIDROGRAFIA

Las aguas superficiales en el Departamento de Caldas drenan a dos grandes hoyas hidrográficas: la del Río Magdalena y la del Río Cauca. La del Magdalena colecta las aguas de la vertiente oriental de la Cordillera Central y la del Cauca colecta las de la vertiente occidental de esta cordillera y las de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental.

En el interior de estos dos grandes patrones de drenaje existen las siguientes cuencas menores del Magdalena (Figura 3).

Hoya del Purnio - Doña Juana - Pontoná

Hoya del Río Guarinó

Hoya del Río La Miel

Hoya del Río Samaná Sur

El Río Cauca corre por un cañón bastante profundo que separa geográficamente las cordilleras Central y Occidental; a este río confluyen las siguientes hoyas hidrográficas (Figura 3):

Hoya del San Francisco - Campoalegre

Hoya del Chinchiná

Hoya del Tapias - Maibá - Pozo

Hoya del Risaralda

Hoya del Supía

Hoya del Arma



### 2.3. CLIMA

Las variaciones topográficas que se encuentran en el departamento determinan una amplia gama de pisos térmicos desde el cálido tropical al clima frío y de nieves perpetuas (Tabla 1).

El piso cálido se encuentra en el Oriente del departamento en los sectores de los ríos Magdalena y La Miel, así como en el Occidente en el cañón del Río Cauca y en el valle del Risaralda. El piso templado se encuentra en ambas vertientes de la Cordillera Central y al oeste del Río Cauca y corresponde a la zona cafetera. El piso de clima frío, el de páramo y la zona de nieves perpetuas, se localizan en las partes más altas de la Cordillera Central.

TABLA 1. Pisos térmicos, extensión y temperaturas. Departamento de Caldas (Gobernación de Caldas, 1987).

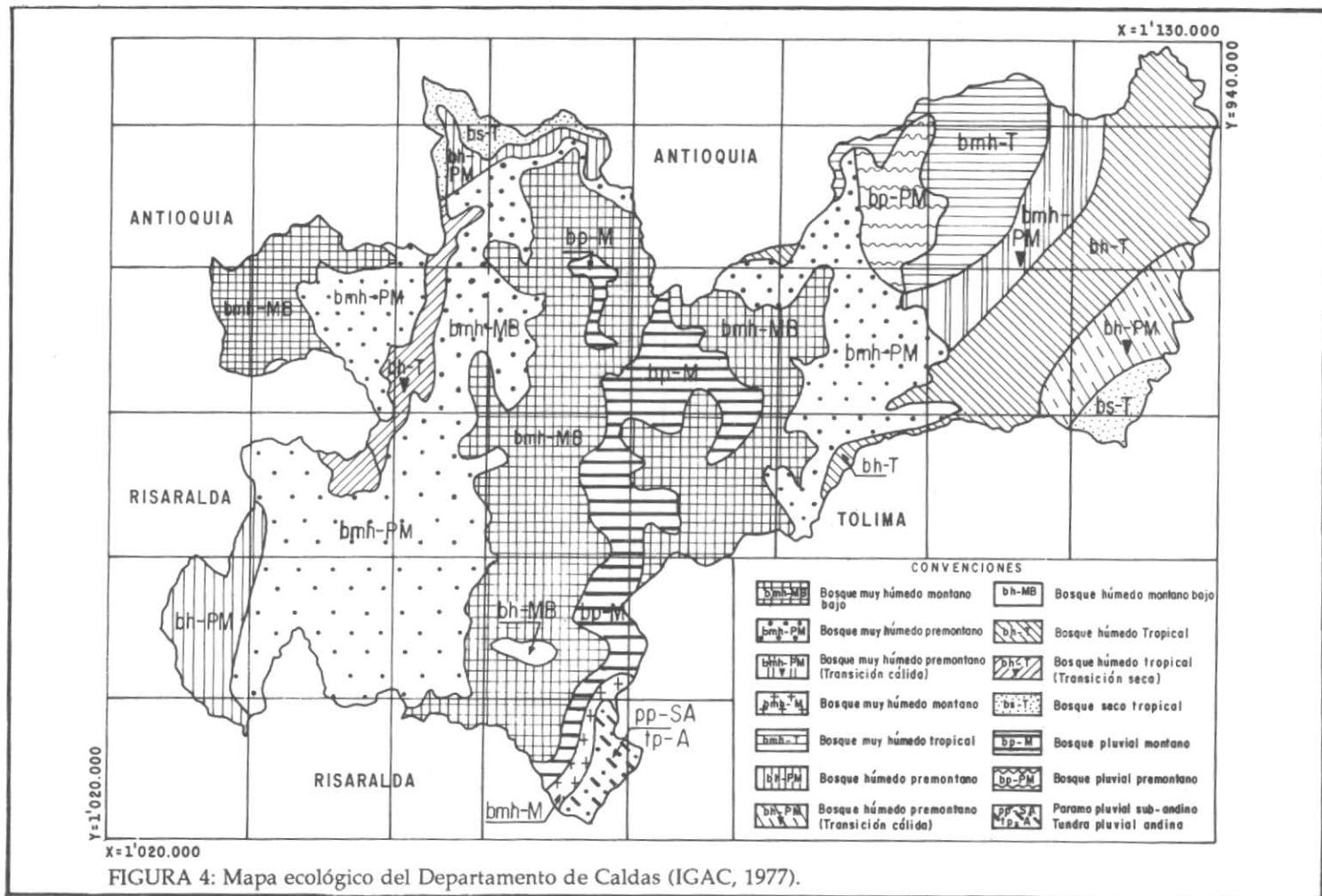
Piso térmico	Altura m.s.n.m.	Superficie km <sup>2</sup>	Variación temperatura anual °C
Cálido	0 - 1.000	2.250	25 - 29
Templado	1.000 - 2.000	2.750	17 - 23
Frío	2.000 - 3.000	1.650	11 - 15
Páramo	3.000 - 4.000	800	7 - 11
Nieves	4.000 y más	57	5 - 0

Las precipitaciones corresponden a condiciones tropicales con una alternancia de los períodos de lluvias (invierno) y secos (verano) y una intensidad que depende de la altitud y en algunos casos de las condiciones topográficas. Las precipitaciones son de tipo convectivo con dos períodos de máxima lluvia, uno de Abril a Mayo y otro de Octubre a Noviembre; Julio por lo general es el mes más seco, excepto en La Dorada donde Febrero y Marzo suelen ser más secos. En el Cañón del Río Cauca se presenta también un largo período seco. La precipitación anual varía entre 1.663 mm en Anserma y 3.749,3 en Samaná (GOBERNACION DE CALDAS, 1987).

### 2.4. ZONAS DE VIDA VEGETAL

De acuerdo con el estudio del IGAC (1977) sobre las formaciones vegetales de Colombia, en el Departamento de Caldas se localizan de Este a Oeste las siguientes unidades (Figura 4):

- **Bosque seco tropical (bs-T).** En dos sectores: uno a orillas de los ríos Arma y Cauca y otro al Sur de La Dorada en el Río Magdalena.
- **Bosque húmedo Premontano (bh-PM).** Se localiza en una pequeña extensión al oeste de La Dorada en el Río Magdalena, en transición entre el bosque seco tropical y el bosque húmedo tropical, localizado más al oeste en los primeros contrafuertes de la Cordillera Central, y en el Valle del Río Risaralda.



- **Bosque húmedo Tropical (bh-T).** Localizado en el Valle Medio del Magdalena y en el Río Cauca, al sur de La Felisa.
- **Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM).** Tiene una amplia extensión y corresponde a la mayor parte de la zona cafetera.
- **Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB).** Se extiende en una amplia faja sobre ambas vertientes de la Cordillera Central.
- **Páramo (pp-SA).** Se localiza esta zona en el área del Nevado del Ruiz.

## 2.5. ACTIVIDAD ECONOMICA

El crecimiento económico se puede observar, así sea parcialmente, por la participación relativa que tenga la mano de obra dentro del proceso productivo, en especial en el sector de la industria manufacturera y fabril. Para el Departamento de Caldas, según los datos del DANE (1986), de las personas económicamente activas, las ocupadas en la industria no alcanzan el 10%. Esto permite, con las debidas limitaciones, afirmar que la estructura económica de Caldas es eminentemente agropecuaria con un crecimiento industrial favorable aunque este no se hace con el incremento, en proporción notable, de mano de obra sino con aumento de inversión en la que se sustituye mano de obra con maquinaria y nuevas tecnologías.

La minería es otro de los recursos con que cuenta el departamento notándose un incremento en la producción de oro y plata en los últimos años, pero en términos generales es predominantemente artesanal y muy pocas empresas utilizan maquinaria y tecnologías modernas. Los únicos minerales que se consumen en el departamento son los no metálicos; los metálicos semi-elaborados se necesitan a escala reducida por no existir industria metalmeccánica de importancia.

Al hablar de la actividad agropecuaria, necesariamente hay que hacer énfasis en la producción cafetera ya que esta ha sido tradicionalmente el eje alrededor del cual ha girado la actividad agrícola del área y el desarrollo económico y social del departamento financiando el desarrollo industrial.

## 2.6. COMUNICACIONES

El Departamento de Caldas tiene un complejo vial del orden nacional distribuido de la siguiente manera:

Hacia la parte Occidental cruza la troncal de occidente que une las ciudades de Pereira y Medellín pasando por Anserma, Riosucio y Supía, con ramales a Viterbo, Belalcazar y unida a la carretera Panamericana que comunica a Manizales con Chinchiná.

En la parte central existe la carretera que une a Manizales con Aguadas y se prolonga hasta La Pintada en Antioquia. El Oriente se comunica a través de la carretera Manizales - Bogotá de la cual se desprenden ramales, en su mayor parte sin pavimentar que son el acceso a La Dorada, Marulanda, Samaná, Pensilvania, Manzanares y La Victoria. Además, a algunos de estos municipios del oriente es posible llegar utilizando la carretera sin pavimentar Sonsón (Antioquia) - La Dorada.

La Federación Nacional de Cafeteros a través del Comité Departamental de Caldas, ha construido innumerables carreteables que permiten el fácil acceso a las regiones cafeteras. El tramo del ferrocarril del Pacífico que cruza el Departamento actualmente se encuentra abandonado.

## 2.7. POBLACION

Según el último censo de población llevado a cabo en 1985 (DANE, 1986) el Departamento de Caldas tenía 838,904 habitantes de los cuales 66.62% estaba concentrado en las cabeceras en el sector cafetero localizado entre Manizales - Chinchiná y Palestina. La tasa de crecimiento es del 2.0%.

## 2.8. FUENTES DE INFORMACION

Las labores de cartografía geológica regional sistemática, iniciadas por el INVENTARIO MINERO NACIONAL (IMN) en la década de los 60 y continuadas por INGEOMINAS a partir de 1969, han permitido tener un levantamiento geológico completo del Departamento de Caldas a escala 1:25.000, el cual ha sido publicado en planchas a escala 1:100.000 (Figura 5), utilizando las bases topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

La información geológica sistemática ha sido complementada en algunas áreas, por trabajos específicos en los campos de la geología económica, la tectónica y los riesgos geológicos. Con excepción de los trabajos de Kassem (1972) y de la Gobernación de Caldas (1987) no existe ningún mapa que contenga en forma integral la geología del departamento.

La información básica seleccionada fue consignada en el mapa topográfico del Departamento de Caldas (IGAC, 1985), seleccionando las unidades litológicas representativas para la escala de publicación y en algunos casos exagerando aquellas que pueden tener importancia en la interpretación de la evolución geológica del área. En la compilación se mantuvieron invariables los contactos originales de los autores efectuándose ajustes de carácter escalar y de unificación de nomenclatura. En la bibliografía se han colocado las referencias citadas en el texto que son la base de elaboración de la memoria explicativa del mapa, así como algunas ya clásicas pero que han contribuido al conocimiento de la geología del departamento.

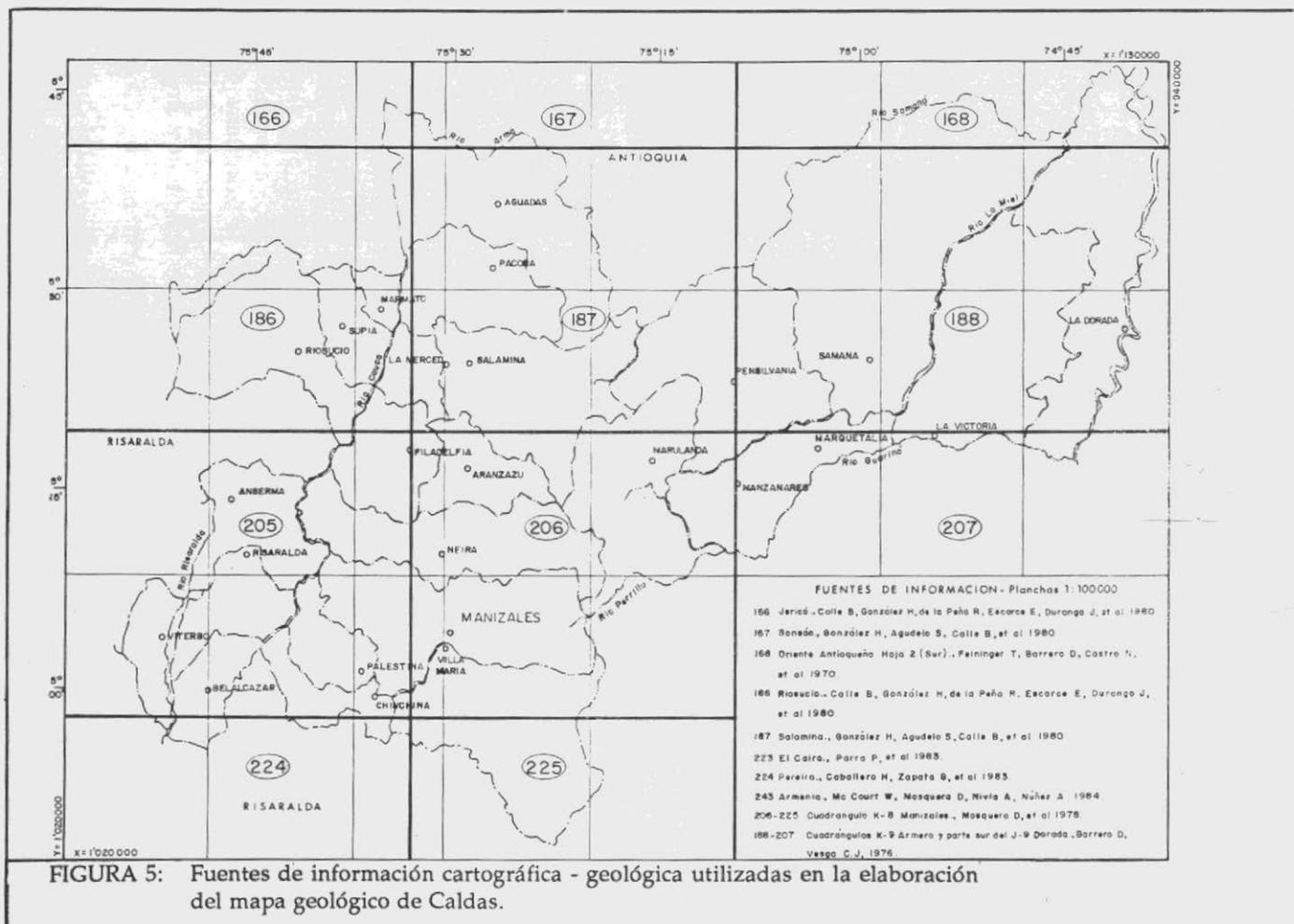


FIGURA 5: Fuentes de información cartográfica - geológica utilizadas en la elaboración del mapa geológico de Caldas.

### 3. ESTRATIGRAFIA

En el Departamento de Caldas afloran unidades - roca metamórficas, ígneas y sedimentarias de edad paleozoica hasta reciente; para su descripción se ha tenido en cuenta la edad asignada en la leyenda del mapa, indicando para cada una los sitios de mejor exposición, características litológicas, edad y sus posibles correlaciones con unidades litoestratigráficas conocidas.

Debido fundamentalmente a las dificultades para obtener edades precisas de las diferentes unidades litológicas, se ha desarrollado una nomenclatura de carácter litoestratigráfico, muchas veces local. La necesidad de hacer una descripción geológica a veces con pocos datos, ha dado lugar a redefiniciones, cambios de sentido e interpretación de las nomenclaturas existentes. Además, la falta de una separación neta entre los conceptos de unidad litoestratigráfica y cronoestratigráfica ha modificado diferentes aplicaciones de los términos. Gran parte de la nomenclatura aparece en mapas o en trabajos publicados sin definición de su sentido, de modo que es muy difícil a través de la bibliografía existente llegar a conocer su significado. En la elaboración del presente informe se ha querido subrayar el carácter litoestratigráfico de las unidades descritas.

Un problema importante con las escasas faunas encontradas en las secuencias sedimentarias, es su posición en la columna litoestratigráfica; la falta de recolección sistemática y de estudios estratigráficos detallados hace que muchas veces se conozca solo la formación de la que proceden los fósiles sin precisiones sobre su posición dentro de la misma.

#### 3.1. PALEOZOICO

Las rocas paleozoicas que afloran en el área son metamorfitas de bajo a medio grado, predominantemente en la facies esquisto verde a anfibolita, con evidencias radiométricas de haber estado sometidas a más de un evento metamórfico de los cuales, uno al menos, sería del Paleozoico inferior y otro del Paleozoico superior. Estas rocas forman el núcleo de la Cordillera Central y han sido agrupadas como Complejo Cajamarca (GONZALEZ, 1989). Sobre ambos flancos de la cordillera se encuentran cuerpos de tamaño variable de intrusivos sintectónicos de estructura néisica y anfibolitas con inclusiones de esquistos transformados a cornubianitas; estas rocas hacen parte del Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central (RESTREPO y TOUSSAINT, 1982, 1985) y aunque se tienen edades radiométricas en el rango paleozoico es difícil asignar una edad segura correspondiente a un evento determinado.

Debido al carácter polimetamórfico hay que tener en cuenta la posible presencia de terrenos alóctonos metamórficos más jóvenes mientras que las rocas consideradas como autóctonas estarían afectadas por el metamorfismo indicado por las edades más recientes.

### 3.1.1. COMPLEJO CAJAMARCA

Nombre utilizado para describir el conjunto de rocas metamórficas que constituyen el núcleo de la Cordillera Central y que corresponde a una secuencia incompleta pues no se conoce el techo ni la base, ni es posible estimar, con cierta precisión, el espesor debido al plegamiento complejo y ausencia de capas guías. Así como en extensión, varían ampliamente en composición y son el resultado de varios episodios metamórficos regionales o de contacto de intensidad variable.

De acuerdo con la composición química y la facilidad de identificación, las rocas metamórficas del Complejo se pueden agrupar en cuatro grupos generales:

- Grupo Pelítico: Esquistos sericíticos (Pes), neises feldespáticos (Pnf, Pnch) y rocas metamórficas de muy bajo grado (Pbsd).
- Grupo Cuarzoso: Cuarcitas (Pnq).
- Grupo Calcáreo: Mármoles (Pm)
- Grupo Básico: Anfibolitas (Pa), esquistos verdes (Pev).

La paragénesis metamórfica, especialmente en el norte del departamento, indica que los neises feldespáticos son de mayor grado de metamorfismo que las cuarcitas y estas a su vez de mayor grado que los mármoles que son los de menor grado de metamorfismo. Los esquistos sericíticos son los equivalentes de menor grado de los neises feldespáticos y aluminicos. Los esquistos verdes y anfibolitas son menos abundantes y generalmente se encuentran como lentes o intercalados en las otras unidades. La relación de las rocas de muy bajo grado sin diferencias (Pbsd) con las otras unidades metamórficas no es claro (FEININGER *et al.*, 1972).

En algunos sitios de la Cordillera Central los contactos de los neises con las unidades de más bajo grado son fallados y por lo tanto existe la posibilidad que la unidad de neises no esté relacionada estratigráficamente al Complejo Cajamarca por ser más antigua, probablemente Precámbrico.

3.1.1.1. *Esquistos sericíticos (Pes).*- Esta unidad agrupa esquistos cuarzo-sericíticos, esquistos micáceos, filitas y algunas pizarras, rocas caracterizadas en el campo por su color negro y que localmente pueden contener intercalaciones de cuarcitas y metabasitas (esquistos verdes). Este conjunto aflora en la Cordillera Central y las mejores exposiciones pueden observarse en las carreteras Sonsón-Dorada, sectores Samaná-Florencia y Berlín-Norcasia, Marquetalia-Manzanares, Manzales-Fresno, en el Río Pensilvania y cerca a San Félix.

Son rocas de color grisáceo a negro, localmente con bandeamiento composicional, de grano fino a muy fino, bien foliadas, generalmente replegadas, con venas de cuarzo lechoso de segregación metamórfica que se acomodan a la forma de los plegamientos.

La roca predominante esta compuesta por cuarzo, sericita, grafito, clorita y como accesorios turmalina, circón, apatito y opacos. En algunas muestras pueden aparecer biotita, andalucita, granate y estauroлита; estas rocas muestran una mayor recristalización e indican un mayor grado de metamorfismo alcanzando hasta facies anfibolita en las rocas con estauroлита.

En el mapa geológico los esquistos cuarzo-sericíticos se muestran como una unidad homogénea, pero en el campo muestran variaciones tanto texturales como composicionales: la textura esquistosa, puede localmente pasar a néisica hasta pizarrosa, pasando por filítica, mientras que en la composición puede pasar a cuarcitas por aumento en el contenido de cuarzo, a filitas por el aumento en el contenido de sericita o a esquisto micáceo por el aumento de muscovita-biotita. Los esquistos se han originado a partir de una secuencia sedimentaria pelítica con intercalaciones de arenitas cuarzosas en un ambiente de plataforma continental con condiciones reductoras que permiten la preservación de la materia orgánica.

3.1.1.2. *Neises feldespáticos (Pnf, Pnch).*- Neises feldespáticos cuya estructura varía entre esquistosa a migmatítica a veces cataclástica, constituyen cuerpos menores en la Cordillera Central en el Departamento de Caldas y afloran principalmente en el extremo nororiental cerca al Río La Miel en los límites con Antioquia, cerca a San Félix y en vecindades de Chinchiná (Pnch).

Los neises de la franja nororiental metamórfica están relacionados a cuarcitas y esquistos sericíticos, son de grano medio con estructura néisica a esquistosa, color gris plata y ocasionalmente contienen porfiroblastos de granate, estauroлита y de andalucita sericitizada parcial o totalmente. Además, están compuestos por cuarzo, feldespatos, biotita y moscovita. Estos neises son equivalentes de medio a alto grado de metamorfismo de los esquistos sericíticos y de igual manera se considera que fueron sedimentos pelíticos arenosos antes del metamorfismo.

El Neis de San Félix presenta, en parte, deformación de sus constituyentes con textura granoblástica a porfiroblástica y está compuesto de cuarzo, feldespato, moscovita y accesorios con microclina abundante localmente. Se encuentra relacionado con esquistos sericíticos y a la Formación Abejorral y los contactos son en gran parte fallados, lo cual impide determinar claramente las relaciones espacio-tiempo entre las diferentes unidades.

El Neis de Chinchiná (Pnch) constituye un cuerpo elongado de unos 19 km de longitud por 1 km de ancho en promedio, en contacto fallado con rocas del Complejo Quebradagrande, intruido localmente al oeste y Sur por rocas gabrodioríticas de Chinchiná-Santa Rosa y relacionado con el sistema de Falla de Romeral. En el trabajo de Mosquera (1978) se considera a este cuerpo dentro del conjunto de intrusivos néisicos de origen anatético. Sin embargo, por su composición mineralógica (presencia de sillimanita-granate, tipo de biotita y alto contenido de cuarzo), por la ausencia de un contacto intrusivo y por su

asociación íntima con cuarcitas y esquistos biotíticos, se prefiere considerarlo como un paraneis aunque es de anotar que localmente en la zona aparecen rocas graníticas, con base en las cuales probablemente se consideró el origen intrusivo anotado anteriormente.

3.1.1.3. *Rocas metamórficas de bajo grado sin diferenciar (Pbsd).*- Estas rocas constituyen un cuerpo elongado NE, localizado entre Pensilvania y Marulanda y cuyos mejores afloramientos se encuentran a lo largo de la carretera que une estas dos poblaciones y en el Río Hondo. Las relaciones de campo indican que reposan concordantemente sobre cuarcitas y esquistos sericíticos y es probable que representen la parte superior de la secuencia pelítica, con intercalaciones de arenitas cuarzosas que originaron las otras rocas metamórficas pero que al estar sometidas a condiciones de más baja P-T, desarrollan un metamorfismo regional de más bajo grado, zona de clorita en la facies de esquistos verde.

Las rocas predominantes son pizarras, filitas, metagrauvas, metarenitas y cuarcitas de grano fino con textura metaclástica. Se puede observar claramente la textura clástica del sedimento original donde el metamorfismo está indicado por la formación incipiente de micas, por un aumento ligero en el tamaño del grano en la matriz y por la orientación subparalela de porfiroblastos. La foliación se ha desarrollado débilmente y en muchos casos se confunde con la estratificación del sedimento original; en la mayoría de los casos es difícil separar el evento metamórfico del sedimentario.

3.1.1.4. *Cuarcitas (Pnq).*- Cuerpos de cuarcita bien definidos se encuentran en la parte inferior de la quebrada Pácora, a lo largo del Río Samaná, al oeste de Pensilvania donde alcanzan su mayor desarrollo y en el extremo nororiental del departamento donde parcialmente se encuentran cubiertos por sedimentos terciarios y cuaternarios. En el mapa las cuarcitas aparecen como una sola unidad, pero en el campo muestran variaciones estructurales desde maciza granoblástica de grano fino y color gris claro, hasta esquistosa heteroblástica de grano fino y color gris oscuro a negro, lo cual indica variaciones tanto en la composición del sedimento original como en las condiciones de depósito. La roca predominante está constituida por cuarzo en mosaicos localmente con biotita y en las de más alto grado de metamorfismo pueden aparecer algunos microporfiroblastos de andalucita, granate, cordierita y sillimanita fibrosa, aunque no se observan cambios apreciables en la apariencia cuando se pasa de un grado de metamorfismo a otro.

En la zona del Río La Miel, las cuarcitas suprayacen neises feldespáticos y son a su vez suprayacidas por los mármoles que son la unidad de menor grado de metamorfismo. Con respecto a los esquistos sericíticos, muestran variaciones gradacionales marcadas por un aumento en el contenido de micas y grafito, lo cual indicaría cambios laterales en la cuenca de depositación con aumento gradual en el contenido de material arcilloso y orgánico que se depositaba en ella.

3.1.1.5. *Mármoles (Pm)*.- Cuerpos pequeños de mármol afloran en el borde oriental del departamento especialmente cerca a La Victoria, al norte de Norcasia y en el Río La Miel. Cuerpos y lentes de menores dimensiones se encuentran en cuarcitas o en los neises feldespáticos pero por la escala del mapa no alcanzan a ser indicados en éste.

Generalmente son rocas macizas donde el tamaño del grano varía de fino a grueso y el color de gris oscuro a blanco. Según Feininger, *et al.* (1972), tanto el tamaño del grano como el color están relacionados al grado de metamorfismo: la mayor parte de los mármoles son de bajo grado de metamorfismo y el tamaño de grano varía de fino a medio y el color de gris oscuro a gris, mientras que en los de mayor grado el grano es de tamaño medio a grueso y el color gris claro a blanco brillante. Los mármoles están constituidos en más de un 80% por calcita con minerales accesorios como cuarzo, grafito, clorita y a veces epidota, tremolita y diópsido.

Los mármoles dan una topografía característica de colinas con la cima redondeada, laderas muy pendientes y por lo general con poca vegetación; se formaron a partir de calizas relativamente puras por metamorfismo regional de bajo grado intensificado localmente por efectos térmicos posteriores. Según Feininger *et al.* (1972), al norte del área, las fajas mayores de mármol como en Río Claro están en contacto estratigráfico con cuarcitas y cada faja coincide con el eje de una zona de bajo grado de metamorfismo regional, lo cual implica que los mármoles nunca estuvieron en un nivel tan profundo como las rocas adyacentes.

3.1.1.6. *Esquistos verdes (Pev)*. Estas rocas se encuentran sobre ambos flancos de la Cordillera Central subordinadas a esquistos sericíticos con los cuales se encuentran intercaladas concordantemente. Buenos afloramientos de esta unidad se encuentran en la parte alta del Río La Miel, en el Río Moro, en la carretera Sonsón-Dorada entre Berlín y Norcasia, al norte y este de Aguadas y al este y sureste de Villamaría sobre la carretera al Nevado del Ruiz.

En conjunto y macroscópicamente se distinguen por su coloración verdosa en tonos claros y oscuros; por lo general son rocas macizas a esquistosas con foliación bien definida que a veces se confunde con planos de diaclasamiento cuando son ricas en anfíbol-epidota y se van haciendo finamente laminadas a medida que aumenta el contenido de clorita. Los constituyentes esenciales son clorita-epidota, anfíbol fibroso y plagioclasa sódica con cantidades menores de cuarzo, calcita, esfena, opacos y ocasionalmente mica blanca.

La composición química (GONZALEZ, 1980) y su alternancia concordante con esquistos sericíticos de origen sedimentario, hace pensar que estos esquistos se originaron a partir de rocas tobáceas básicas formadas durante eventos volcánicos que alternaron con la depositación de sedimentos en una cuenca geosinclinal. La secuencia total fue sometida a condiciones de metamorfismo regional de bajo grado. Sin embargo, es difícil explicar cómo un metamorfismo de bajo grado puede destruir la textura y composición de las rocas originales.

En algunas áreas se observan intercalaciones, desde escala micro a macroscópica, de esquistos sericíticos y verdes caracterizadas por la alternancia de capas negras finamente laminadas y de capas verdes generalmente macizas. Por la escala del mapa estas áreas no están delimitadas independientemente y aparecen marcadas de acuerdo con la unidad predominante como Pes o Pev.

3.1.1.7. *Edad - Correlaciones.*- La mayor parte de las rocas metamórficas descritas anteriormente estarían incluidas en la definición original de Botero (1963) para el Grupo Ayurá-Montebello o en la de Nelson (1957) para el Grupo Cajamarca. El uso de esta nomenclatura para zonas tan amplias de la Cordillera Central es poco aconsejable teniendo en cuenta su extrapolación a zonas geográficas ampliamente separadas y donde hay rocas con edades radiométricas desde el Precámbrico hasta el Cretáceo (RESTREPO y TOUSSAINT, 1982-1985): como alternativa fue propuesto el nombre "Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central" (RESTREPO y TOUSSAINT, 1982) donde se incluirían rocas metamórficas de diferentes tipos béricos y edades. Teniendo en cuenta el trabajo efectuado por Nelson (1957) y las características polimetamórficas de la Cordillera Central se propuso el término más amplio de "Complejo Cajamarca" como unidad litodémica, localizada al este de la Falla de San Jerónimo separándola de las rocas metamórficas al occidente de la Falla Silvia-Pijao denominadas Complejo Arquía, por el Complejo Quebradagrande (GONZALEZ, 1989). Como es obvio suponer, dentro de este complejo hay unidades menores que se pueden definir como grupos y en algunos casos como formaciones. Hasta el momento ninguna de las unidades metamórficas usadas ha sido definida formalmente y por lo tanto requieren un estudio estratigráfico detallado para poder ser nominadas formalmente.

Aunque en el área del departamento existen pocas edades radiométricas de rocas de este complejo, de estudios más regionales (RESTREPO y TOUSSAINT, 1982, 1985; RESTREPO, *et al.* 1989), se llega a la conclusión de que existen varios eventos metamórficos con edades desde paleozoicas hasta cretácicas y por lo tanto las rocas metamórficas constituirían un conjunto polimetamórfico resultado de varios eventos superpuestos en el tiempo y diferentes condiciones P-T de metamorfismo.

### 3.1.2. INTRUSIVOS NEISICOS SINTECTONICOS (Pin, Pinm, Pa).

Rocas graníticas de estructura néisica denominada "neises intrusivos" por Feininger, *et al.* (1972), afloran sobre ambos flancos de la Cordillera Central constituyendo cuerpos concordantes regionalmente limitados, en gran parte, por fallas (GONZALEZ, H., 1980). En el Departamento de Caldas se encuentran tres cuerpos principales:

- El Neis de San Diego (Pin). Prolongación hacia el Sur del cuerpo cartografiado por Feininger *et al.* (1970) y que en gran parte está limitado al este por la Falla de Cocorná. Pueden considerarse como prolongación de este neis los pequeños cuerpos que cortan esquistos sericíticos y cuarcitas en la parte baja de los ríos que entran al Valle del Magdalena en la parte oriental del departamento.

- **El neis (Pin).** Cerca a Padua en el límite con el Tolima. Se encuentra relacionado espacialmente a anfibolitas (Pa).
- **El neis al este de Manizales (Pinnm).** Corresponde a un cuerpo elongado con cuerpos relacionados de menor tamaño y en parte cubierto por rocas volcánicas de Cerro Bravo; al este intruye rocas metamórficas del Complejo Cajamarca y al Sur es intruido por el Stock de Manizales.

Estos cuerpos tienen, por lo general, estructura néisica variando a esquistosa y maciza; el tamaño del grano varía de fino a grueso y muestran deformación como resultado de protoclasia y solo en pocos afloramientos conservan sus características ígneas, pero las evidencias de un origen ígneo son múltiples pues aunque son regionalmente concordantes, cortan la estratificación o foliación de las rocas metamórficas; cerca a los contactos contienen numerosas inclusiones de la metamorfita y pueden observarse con cornubianitas, producidas por efectos térmicos originados por la intrusión, o zonas de migmatitas de inyección. La composición global varía de cuarzomonzonítica a granodiorítica, localmente tonalítica a granítica con cuarzo, plagioclasa intermedia, microclina, ortosa, biotita y muscovita; como accesorios circón con halos, con pleocroismo fuerte cuando está incluido en biotita, apatito, turmalina, esfena y magnetita.

Las edades radiométricas obtenidas para algunos de estos cuerpos están en el rango 284 - 207 m.a. (RESTREPO, *et al.*, 1982) por diversos métodos, entre ellas de  $205 \pm 7$  m.a. K/Ar (BARRERO y VESGA, 1976) para el Neis San Diego, definen un evento Permo-Triásico que en parte afecta las rocas metamórficas preexistentes. Este evento aunque no necesariamente representa un metamorfismo Paleozoico tardío, indica al menos un efecto térmico importante geocronológicamente.

3.1.2.1. *Anfibolitas (Pa).* Cuerpos pequeños de anfibolita (Pa) afloran generalmente relacionados con ortoneises; el mayor se encuentra asociado al Neis de San Diego, en el límite con el Departamento de Antioquia y otros más pequeños al Neis de Padua y al neis al este de Manizales. Al este de San Diego un cuerpo lenticular se encuentra asociado a esquistos sericíticos. Las anfibolitas, por lo general, son más resistentes a la meteorización que las rocas encajantes resaltando sus afloramientos. Es una roca gris verdosa oscura a negra, foliada a néisica de grano fino a medio, ocasionalmente bandeada y está constituida fundamentalmente por hornblenda y plagioclasa con cantidades menores de esfena, apatito, opacos y a veces con cuarzo, biotita, epidota y calcita secundaria. La plagioclasa por lo general está sausuritizada mientras que la hornblenda solo ocasionalmente muestra bordes de anfíbol fibroso por uralitización.

Las anfibolitas pueden tener más de un origen, pero por relaciones de campo se considera que los cuerpos asociados a los ortoneises son metaígneos, sometidos a condiciones de metamorfismo en la facies de anfibolita (medio grado de metamorfismo).

El cuerpo de anfíbolita de Padua (Tolima) relacionado a ortoneises, fue datado por Vesga y Barrero (1978) obteniendo una edad de  $200 \pm 40$  m.a. K/Ar en hornblenda. Esta misma edad se considera en este trabajo para los distintos cuerpos de anfíbolita relacionados a los intrusivos néisicos del Permo-Triásico.

### 3.2. MESOZOICO

El registro Mesozoico en la Cordillera Central, a nivel del Departamento de Caldas, se inicia con los intrusivos jurásicos como el Batolito de Sonsón, continuando la actividad ígnea hasta finales del Cretáceo en ciclos magmáticos bien definidos en el Cretáceo temprano y en el Cretáceo tardío. Registro de sedimentación marina se inicia con la Formación Valle Alto (Jurásico) y continua con la Formación Abejorral para luego tener un período de vulcanismo-sedimentación (Complejo Quebradagrande). En el flanco occidental de esta cordillera aparece una faja de rocas metamórficas de media presión (Complejo Arquía) para las cuales se acepta una edad, al menos de emplazamiento, cretácica relacionadas generalmente a secuencias ofiolíticas incompletas a lo largo del sistema de fallas Cauca-Romeral.

En la Cordillera Occidental, las unidades litológicas más antiguas corresponden al Cretáceo temprano (Formación Barroso) que representa un intenso vulcanismo oceánico básico sobre el cual se depositan sedimentos turbidíticos del Cretáceo tardío (Formación Penderisco). Cuerpos de gabro y ultramafitas serpentinizadas como los de Anserma podrían representar parte de secuencias ofiolíticas emplazadas tectónicamente durante el Cretáceo tardío.

#### 3.2.1. JURASICO

Sobre el flanco oriental de la Cordillera Central afloran rocas ígneas jurásicas del Batolito de Sonsón (JcDs, Jds y Jgs) y sobre el eje de la cordillera sedimentos marinos de la Formación Valle Alto (Jva).

3.2.1.1. *Batolito de Sonsón (JcDs, Jds, Jgs).*- Cuerpo de composición predominante granodiorítica a tonalítica (JcDs) con facies de borde y pequeños stocks relacionados de composición diorítica (Jds) y gabroide (Jgs); es intrusivo en las rocas metamórficas del Complejo metamórfico, excepto en el extremo sureste donde el contacto está controlado por la Falla de Samaná Sur, con una aureola de contacto bien definida.

Más del 90% del cuerpo está constituido por tonalitas-granodioritas macizas de color moteado con un índice de color entre 5 y 30 y solo hacia los bordes presenta una estructura néisica débil producida por efectos protoclasticos. La textura es hipidiomórfica granular de grano medio a grueso; texturas dinámicas se observan a lo largo de los ríos Dulce y Samaná Sur. Está constituido por cuarzo (15-25%), plagioclasa intermedia (50-60%), feldespato potásico (2-15%), hornblenda (0-15%) y biotita (1-15%) y como accesorios más comunes apatito, circón, allanita, esfena y opacos. Los gabros y dioritas son de grano fino con hornblenda como

máfico predominante en ambos tipos de roca y diferenciándose entre sí por el tipo de plagioclasa y en conjunto constituyen un 5% de las rocas del Batolito. La uniformidad en composición, la ausencia de evidencias de campo que indiquen una inyección múltiple y la presencia sólo esporádica de estructuras de flujo indican un cuerpo intrusivo inyectado probablemente en una sola etapa. Sin embargo, la diferencia en edades podría indicar inyecciones múltiples en diferentes épocas. Edades radiométricas de  $160 \pm 4$  y  $170 \pm 3$  m.a. (GONZALEZ, 1980) han sido obtenidas para este cuerpo lo que permite considerar que por lo menos parte del Batolito es Jurásico medio ya que existe además una edad de  $69 \pm 3$  m.a. (PEREZ, G., 1967). Aunque es claro que existe una discrepancia en las edades obtenidas se aceptan como más probables las primeras ya que éstas explicarían la ausencia de un metamorfismo de contacto sobre los sedimentos de la Formación Abejorral del Cretáceo temprano.

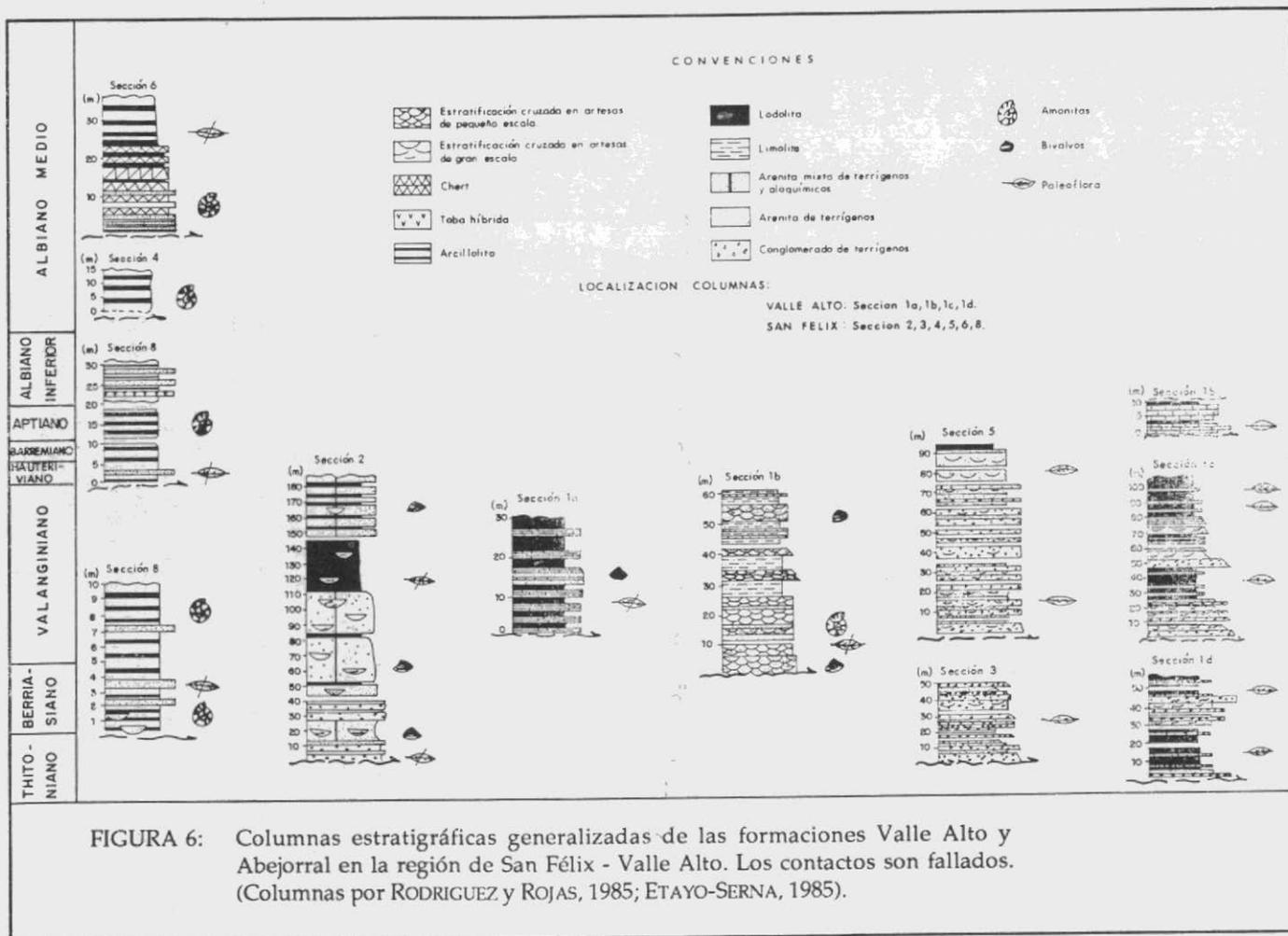
3.2.1.2. *Formación Valle Alto (Jva).*- Esta unidad aflora en la cercanías de Valle Alto, de donde recibe su nombre, al este de San Félix, y unos 20 km al este de la Falla Romeral. Las sedimentitas muestran localmente entre sí y con las unidades adyacentes contactos tectónicos que enmascaran las relaciones estratigráficas.

Las sedimentitas de Valle Alto suprayacen en contacto de falla plutonitas del Batolito de Sonsón e infrayacen con contacto de falla sedimentitas de la Formación Abejorral en el área de San Félix. Predominan sedimentitas arenorudíticas, conglomerados, arenitas y lodolitas (Figura 6) con abundante paleoflora en la facies lodosa (GONZALEZ, 1976; LEMOIGNE, 1984) y localmente facies volcanoclásticas (RODRIGUEZ y ROJAS, 1985).

El análisis paleontológico en las sedimentitas del área ha permitido reconocer dos biofacies: una biofacies rica en elementos florales que indica fuerte influencia terrestre (Etayo-Serna, 1985) y una biofacies de bivalvos y gasterópodos cuyo habitat se extendió desde el de agua dulce hasta el marino restringido. Aunque en los trabajos de González, et al., (1977), González (1980), Huber (1982) y Lemoigne (1984) se considera con base en la flora una edad Jurásica para estos sedimentos, Etayo-Serna (1985) considera que, la interdigitación de biofacies sugiere que la paleoflora corresponde más al Cretáceo inferior que al Jurásico superior ya que los argumentos macropaleobotánicos solos, sin ayuda de palinológicos, no son concluyentes en relación con la asignación de una edad precisa.

### 3.2.2. CRETACEO

Durante el Cretáceo inferior una serie de plutones de composición adamelítica a tonalítica (Kadpc, KgdM, Kds, Kdc, Kas) se intruye sobre ambos flancos de la Cordillera Central siendo, en términos generales, más abundantes y alcalinos en el borde oriental. Sedimentación marina de finales del Cretáceo inferior está representada por la Formación Abejorral (Kia) y por los sedimentos fosilíferos de Berlín (Kib) que indican un sollevamiento pre-Cretácico de corteza siálica en el margen occidental de la actual Cordillera Central constituida a ese momento por metamorfitas con pequeñas cuñas de sedimentitas.



**FIGURA 6:** Columnas estratigráficas generalizadas de las formaciones Valle Alto y Abejorral en la región de San Félix - Valle Alto. Los contactos son fallados. (Columnas por RODRIGUEZ y ROJAS, 1985; ETAYO-SERNA, 1985).

En el borde occidental de la Cordillera Central y en el flanco oriental de la Occidental se encuentran unidades litológicas que representan un ambiente de tipo oceánico y que están separadas de las unidades orientales de carácter continental, por el sistema de fallas Cauca - Romeral, posiblemente una sutura de tipo cabalgamiento (TOUSSAINT y RESTREPO, 1988). Este conjunto está constituido por rocas ígneas básicas (Kvc, Kvb, Kg, Kdg) y ultrabásicas (Kus), asociadas a sedimentos marinos (Ksc, Kaa) con rocas metamórficas de media-alta presión (Kiea, Kies) en la zona de sutura. Todas estas unidades tienen edad cretácea.

Durante el Cretáceo tardío - Paleoceno se intruyen algunos stocks como los de Manizales (KTcdm) en la Cordillera Central y el de Mistrató (Kcdgm) en la Occidental.

3.2.2.1. *Rocas Intrusivas Intermedias* (Kadp, Kgdm, Kdc, Kds, Kas).- Durante el Cretáceo temprano sobre el basamento polimetamórfico de la Cordillera Central se desarrolla un cinturón magmático de composición intermedia. Con los datos radiométricos disponibles (Tabla 2) para los cuerpos de este cinturón en el Departamento de Caldas (RESTREPO, *et al.*, 1982), no se puede establecer una diferencia de edad entre los situados en diferentes flancos de la cordillera y podrían corresponder a la finalización del ciclo magmático iniciado en el Jurásico con la formación de grandes batolitos, como el de Sonsón, y que terminaría con stocks de dimensiones más reducidas que las de los comienzos del ciclo.

El Stock de Pácora (Kadp) aflora en la Quebrada Pácora, de donde recibe el nombre, y en la Quebrada Corozal al oeste de la Falla de Romeral; macroscópicamente predomina una roca fanerítica de grano grueso a medio cuya composición varía desde alaskita hasta tonalita con ortoclasa accesoria, predominando granodiorita con dos micas. Este stock es posterior a las rocas metamórficas en las cuales es intrusivo con efectos claros de metamorfismo térmico y anterior a las intrusiones de los pórfidos andesíticos del Terciario tardío; por composición y características comunes con cuerpos considerados de este ciclo magmático y su posición con respecto a la Falla de Romeral, se ha considerado como del Cretáceo temprano, aunque González (1980) considera que podría ser más antiguo.

El Stock de Cambumbia (Kdc) aflora en la margen oriental del Río Cauca entre la estación La María y el Río Arma. La roca predominante es fanerítica de grano fino a medio y color gris a gris verdoso; está intruido por numerosos diques de aplita y pegmatita y generalmente muestra una alteración propilítica con piritita fina diseminada. La composición promedio es diorítica piroxénica con variación a tonalítica. Las edades obtenidas (Tabla 2) indican un emplazamiento a finales del Cretáceo temprano.

En el flanco oriental de la cordillera afloran el Complejo Igneo de Samaná (Kds), la alaskita de Samaná (Kas) y al extremo sur del Stock de Mariquita (Kgdm).

TABLA 2: Edades Radiométricas - Departamento de Caldas

ROCA	LOCALIDAD	METODO MATERIAL	UNIDAD LITOLÓGICA	EDAD (m.a.)	REF
ANDESITA	Cerro El Morro - Samaná	K/Ar Anfíbol	Pórfido El Morro	3,5 ± 0,2	1
ANDESITA	Puente Linda	K/Ar Anfíbol	Pórfido Puente Linda	3,6 ± 0,2	2
PORFIDO DACÍTICO	Quebrada Chaburquía	K/Ar Anfíbol	Stock Marmato	6,3 ± 0,7	2
PORFIDO ANDESÍTICO	La Felisa	K/Ar Biotita	Stock La Felisa	6,9 ± 0,2	2
PORFIDO ANDESÍTICO	La Felisa	K/Ar Anfíbol	Stock La Felisa	7,1 ± 0,2	2
GRANODIORITA	Carretera Manizales - Fresno	Huellas fisión Apatito	Stock de Manizales	10,5 ± 1	3
TONALITA	Florencia	K/Ar Biotita	Stock Florencia	54,9 ± 1,9	1
ESQUISTO BIOTÍTICO	Este del Depto. de Caldas	K/Ar Biotita	Complejo Cajamarca	67,3 ± 2,3	1
CUARCITA	Este del Depto. de Caldas	K/Ar Biotita	Complejo Cajamarca	71,9 ± 2,5	1
DIORITA	Samaná	K/Ar Anfíbol	Stock Samaná	75,1 ± 4,9	1
CUARCITA	Caldas	K/Ar Biotita	Complejo Cajamarca	76,0 ± 2,6	1
NEIS	Este de Norcasia	K/Ar Biotita	Intrusivo néisico de Norcasia	80,9 ± 2,8	1
DIORITA	La Pintada - Arma	K/Ar Anfíbol	Stock Cambumbia	112 ± 5	4
DIORITA	La Pintada - Arma	K/Ar Rocal total	Stock Cambumbia	113 ± 3	5
NEIS	Río Manso	K/Ar Biotita	Intrusivo néisico de Norcasia	205 ± 7	1

REFERENCIAS: 1) BARRERO, D. y VESGA, C.J. 1976. 4) RESTREPO, J. J., *et al.*, 1982  
 2) GONZALEZ, H., 1980 5) GONZALEZ, H., 1993  
 3) JARAMILLO, J.M., 1978, 1980

El Complejo Igneo de Samaná y la alaskita de Samaná se encuentran espacialmente relacionados formando esta última una corona en el borde oriental del complejo, posiblemente como facies marginal; el contacto occidental con rocas metamórficas es fallado a lo largo de la Falla de Palestina. El contacto de la alaskita con las rocas metamórficas es fallado y por lo general no se observa un efecto de contacto claro sobre las rocas metamórficas que modifiquen las paragénesis desarrolladas por un metamorfismo regional de bajo grado.

Los mejores afloramientos de estos cuerpos se encuentran a lo largo del Río Moro y en las carreteras Florencia-Norcasia y Samaná-Río La Miel. El cuerpo principal es de composición variable predominando diorita con variaciones a diorita cuarzosa, tonalita, granodiorita y gabros hornbléndico-piroxénicos; la alaskita predomina en el borde este, pero también se encuentra localmente en la masa principal del complejo. Son rocas masivas de grano medio a grueso, inequigranular (Kas) ocasionalmente con estructura foliada por efectos dinámicos hacia el borde

occidental. Vesga y Barrero (1978) obtuvieron sobre las facies gabroide del complejo ígneo una edad de  $119 \pm 10$  m.a. K/Ar en hornblenda que indicaría una edad mínima para este cuerpo y se considera que la alaskita estaría relacionada a este mismo evento magmático intermedio resultado de la orogénesis alpina (VESGA y BARRERO, 1978) que afecta el flanco oriental de la cordillera. Por relación con los sedimentos fosilíferos de Berlín, sobre los cuales no se observan efectos de contacto, se supone que el cuerpo se emplazó antes del Aptiano y antes de una fase de erosión seguida de la depositación de los sedimentos.

Del Stock de Mariquita (Kgdm) aflora en el Departamento de Caldas su extremo norte al oeste de La Victoria, a lo largo del Río Guarinó. Está constituido esencialmente por rocas macizas de color moteado, inequigranulares de grano medio a grueso y composición predominante granodiorita biotítica con variaciones locales a diorita, diorita cuarzosa y cuarzomonzonita. Al Sur, en el Departamento del Tolima, es intrusivo en las rocas del Complejo Cajamarca produciendo una aureola de contacto estrecha pero bien definida en las facies hornblenda cornubianita y albita-epidota. La edad de este cuerpo de  $113 \pm 4$  m.a. indica una edad de emplazamiento anterior al Aptiano y correspondiente al mismo ciclo magmático que genera los cuerpos de Samaná (Kds, Kas).

3.2.2.2. *Formación Abejorral* (Kia, Kib).- Esta formación (Kia) definida en Abejorral (Departamento de Antioquia) se prolonga en el Departamento de Caldas entre Aguadas y San Félix, donde se encuentran los mejores afloramientos, al este de la Falla de San Jerónimo. El horizonte fosilífero de Berlín (Kib) localizado cerca a la población de este nombre en el flanco oriental de la Cordillera Central, se considera por litología y fauna correlacionable con la Formación Abejorral (Kia) (RADELLI, 1967).

En general, corresponde a una secuencia arcillo-arenosa constituida de base a techo de conglomerados con clastos redondeados, arenitas mixtas de terrígenos y aloquímicos, limolitas, lodolitas y arcillolitas con delgadas intercalaciones de tobas de cenizas (Figura 6). Contiene fósiles de amonitas, bivalvos, gasterópodos y restos de paleoflora. Los contactos con los diferentes tipos de roca infra y suprayacentes son generalmente fallados.

Los conglomerados forman capas con soporte arenoso y a veces grano soportados con gravas de tamaño guijo predominante y guijarro, redondeadas a subredondeadas con matriz de grano fino a grueso; las arenitas son de grano muy fino, subredondeadas a subangulares, con matriz limosa y ocasionalmente contienen restos de gasterópodos, bivalvos y paleoflora. Las limolitas son ligeramente arenosas con fósiles abundantes en las láminas arenosas, mientras que la paleoflora es más abundante en las limosas; las lodolitas se presentan en capas gruesas o muy gruesas con pequeñas intercalaciones de arenitas. La facies volcánicla está constituida por una mezcla de material piroclástico predominante y terrígenos en capas finas intercaladas en la facies arcillosa (Figura 6); de acuerdo con su composición corresponde a una toba de cenizas. Las

arcillolitas se presentan en estratos finos con algunos restos mal conservados y por lo general comprimidos de amonitas.

La secuencia facial reconocida en el área de San Félix (RODRIGUEZ y ROJAS, 1985) es el resultado de la acumulación de sedimentos en zonas de marisma, canales distributarios, frentes de playa y mar adentro.

Las muestras de amonitas del área de San Félix indican edades que van desde el Berriasiano hasta el Albiano medio (BOTERO y GONZALEZ, 1983; ETAYO-SERNA, 1985). En el área de Berlín los sedimentos están deformados, con un alto grado de deformación mecánica y diagenética y contienen amonitas alargadas en el sentido del movimiento tectónico de los estratos. Estas amonitas fueron asignadas por Bürgl y Radelli (1962) al Aptiano probablemente superior.

3.2.2.3. *Complejo Quebradagrande* (Kvc, Ksc).- Conjunto de rocas volcánicas (Kvc) y sedimentarias (Ksc) que afloran en el flanco oeste de la Cordillera Central al Occidente de la Falla de San Jerónimo y al este de la Falla Silvia-Pijao y hasta el Río Cauca. Aunque el nombre más empleado en la literatura geológica colombiana es el de Formación Quebradagrande (BOTERO, 1963; GONZALEZ, 1980), considerando la unidad como de rango estratigráfico mayor es más fácil de reconocer y cartografiar en toda su extensión y permite su subdivisión en unidades litoestratigráficas formales de menor rango.

Esta unidad presenta buenos afloramientos entre Pácora y Aranzazu, en los alrededores de Manizales y Palestina, en los ríos Pozo, Chambery, Campoalegre y San Lorenzo.

El complejo, caracterizado por intercalaciones de rocas volcánicas y sedimentarias, presenta variaciones litoestratigráficas tanto en la secuencia sedimentaria como en la relación de intercalaciones de derrames volcánicos y capas piroclásticas. Los derrames se prolongan por centenares a miles de metros para luego acuñarse. La naturaleza de los contactos con las unidades adyacentes varía a escala regional y son generalmente tectónicos con las metamorfitas e intrusivos mesozoicos; es intruido por plutones terciarios.

Aunque en los mapas las rocas volcánicas aparecen como una sola unidad, las características químicas indican ambientes de formación diferentes, algunas de ellas están relacionadas a secuencias ofiolíticas y otras representarían un arco de isla. Esta posibilidad había sido planteada por González (1980) y confirmada por Alvarez, J. (1987) en el área de Pácora. En general, las rocas del complejo fueron metamorizadas bajo condiciones T-P de la facies prehnita-pumpellita y deformadas penetrativamente.

La secuencia sedimentaria puede variar en características litológicas de un sector a otro, pero en conjunto puede considerarse constituida por una secuencia epiclástica con estratificación fina, de color gris verdoso a negro, con grauvacas

silíceas, lutitas, localmente con chert, calizas y bancos de conglomerado polimítico. En la zona de la quebrada Guargurubá, cuyo curso está controlado por la Falla de Romeral, se encuentra fauna epinerítica de edad Albiano en lutitas silíceas negras (BOTERO y GONZALEZ, 1983), interestratificadas con arenitas feldespáticas; en el sector de Arma se encuentra fauna del Aptiano-Albiano (BOTERO, *et al.*, 1971), en pelitas margosas negras intercaladas con rocas basálticas localizadas al oeste de la Falla de Romeral. Es común encontrar venas y lentes concordantes y discordantes de cuarzo lechoso y por lo general, las rocas de esta unidad desarrollan un clivaje pizarroso y de fractura paralelo a la estratificación original; en los conglomerados se desarrolla un clivaje de fractura y los cantos son elipsoides y aplastados definiendo una lineación elongada.

Las rocas volcánicas se presentan en varios cuerpos con contactos tectónicos; son generalmente de composición basáltica con cantidades menores de andesitas y piroclastitas e intercalaciones de sedimentitas marinas con aporte volcanogénico. Tienen una amplia variación petrográfica: existen rocas afaníticas, porfídicas con fenocristales de plagioclasa y/o piroxeno y amigdaloides. En la zona de Campoalegre, Pácora y Palestina aparecen pillow lavas, pillow brechas y tobas básicas vítreas con amígdalas. Todo el conjunto volcánico presenta, en mayor o menor grado, un proceso de espilitización. Paleontológicamente, los sedimentos intercalados en las vulcanitas básicas tienen un rango de edad Aptiano-Albiano y radiométricamente se han obtenido edades desde el Cretáceo temprano (RESTREPO, *et al.*, 1982), que podrían interpretarse como la edad magmática, hasta el Cretáceo tardío que marcaría un evento metamórfico de muy bajo grado.

Las características geoquímicas de las vulcanitas (ALVAREZ, 1983, 1987) y las particularidades petrográficas y faunísticas de las sedimentitas epiclásticas y volcanoclásticas sugieren un origen, para el Complejo Quebradagrande, en un arco volcánico oceánico inmaduro que durante su solevantamiento y emplazamiento sufrió un metamorfismo de muy bajo grado en facies prehnita-pumpellita.

3.2.2.4. *Rocas ultramáficas y máficas* (Kus, Kg).- Por su íntima relación espacial y posiblemente genética, se tratan en conjunto las rocas ultramáficas (Kus) y plutonitas básicas gabroides (Kg) que se encuentran en los complejos ofiolíticos de Pácora y de Filadelfia, sobre el flanco occidental de la Cordillera Central y asociados al sistema de fallas de Romeral, limitado al Este por la Falla de San Jerónimo y al Occidente por la Falla de La Merced.

El Complejo Ofiolítico de Pácora, formado por unidades fraccionadas tectónicamente, deformadas y metamorfizadas, mezcladas estructuralmente con la secuencia de arco volcánico del Complejo Quebradagrande, está constituido por serpentinitas, wehrlitas, gabros cúmulus y gabros isotrópicos y en la parte volcánica por lavas almohadilladas variolíticas, brechas almohadilladas y brechas. Además, diques delgados de plagiogranito intruyen el gabro y masas tabulares irregulares de rodingita se presentan dentro de la serpentinita. Las

distintas litounidades ofiolíticas se presentan desmembradas y tectonizadas conformando unidades estructurales separadas por fallas de alto ángulo y por bloques tectónicos con sedimentitas - vulcanitas de arco y han experimentado un metamorfismo penetrativo débil. La asociación mineralógica indica un metamorfismo inicial en facies esquisto verde con un metamorfismo sobreimpuesto en facies prehnita-pumpellita.

La ofiolita de Pácora contiene parte de una ofiolita estratificada donde los basaltos tienen una tendencia toleítica de fraccionamiento y características de basaltos de fondos oceánicos (OFB), (ALVAREZ, 1987).

El Complejo Ofiolítico de Filadelfia está al occidente de la Falla de Romeral, que lo separa de la secuencia de arco volcánico inmaduro del Complejo Quebradagrande, constituyendo un bloque tectónico limitado al oeste por la Falla de La Merced. La secuencia ofiolítica, incompleta y desmembrada, está constituida por ultramafitas parcial o totalmente serpentinizadas con estructura esquistosa desarrollando grandes zonas de esquistos de serpentina, gabros isotrópicos, localmente gabros cúmulus y rocas volcánicas máficas, las cuales se presentan hacia el este del cuerpo en una zona de gran complejidad estructural, siendo difícil de separar de las rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande. Las diferentes unidades de la ofiolita forman bloques tectónicos alargados en dirección de las fallas regionales y a veces separados por bloques estructurales del Complejo Quebradagrande. Las rocas están intensamente cizalladas y desarrollan clivaje de fractura o foliación dinámica.

El conocimiento geoquímico de los Complejos Ofiolíticos relacionados a la zona de Falla de Romeral no es lo suficientemente preciso para determinar su origen y podrían corresponder a remanentes de corteza oceánica-manto generadas en un centro de expansión o a raíces de arcos de islas durante el Jurásico - Cretáceo temprano y emplazadas tectónicamente durante el Cretáceo tardío.

3.2.2.5. *Stock de Chinchiná - Santa Rosa (Kdg).*- Rocas dioríticas y gabroides constituyen este cuerpo de forma alargada y paralelo a la Falla de Romeral entre Chinchiná y Santa Rosa. Hacia el noroeste está cubierto por sedimentos terciarios; es intrusivo en el Neis de Chinchiná produciendo algunas migmatitas de inyección en la zona de contacto y hacia el occidente intruye esquistos del Complejo Arquía, los cuales presentan una foliación paralela a la lineación de la diorita.

La roca predominante es de grano fino a grueso, generalmente con estructura foliada hacia los bordes tomando la apariencia de una anfíbolita. La composición varía de diorita hornbléndica a gabro piroxénico con facies pegmatíticas básicas hacia el borde.

Aunque no se tienen edades radiométricas para muestras de este cuerpo, por su relación espacial a la Falla de Romeral y a peridotitas, se ha correlacionado con los gabros de Romeral, algunos de los cuales pueden hacer parte de complejos ofiolíticos, mientras que otros podrían hacer parte del Complejo Quebradagrande

como parte de un arco inmaduro y para los cuales se ha considerado una edad Cretáceo temprano (RESTREPO y TOUSSAINT, 1975; TOUSSAINT y RESTREPO, 1988).

3.2.2.6. *Complejo Arquía* (Kiea, Kies).- Esta unidad litológica aflora entre las fallas de Silvia-Pijao y Cauca-Romeral en el flanco occidental de la Cordillera Central y corresponde al Grupo Arquía, definido por Restrepo y Toussaint, (1974) para la secuencia de rocas metamórficas de media presión que afloran en el Río Arquía, límite con el Departamento de Antioquia, e incluye los esquistos de Lisboa-Palestina de Mosquera (1978) y los esquistos anfibólicos del Río Cauca (GONZALEZ, 1976, 1980).

La extensión regional, en bloques tectónicos estructurales, a lo largo del sistema de fallas de Romeral, la diversidad de contactos con las unidades adyacentes y la variación en el tipo bórico de metamorfismo desde media hasta alta presión en esta unidad, permiten plantar la variación en el rango estratigráfico, considerándola como una macrounidad litodémica, de tal modo que estudios posteriores detallados lleven a su subdivisión en unidades de menor rango como grupos o aún formaciones.

En el Departamento de Caldas, este complejo está constituido fundamentalmente por anfíbolitas, localmente granatíferas, esquistos actinolíticos y esquistos negros (Kies); las dos primeras unidades localmente incluyen anfíbolitas sausuríticas y en conjunto aparecen en el mapa como Kiea.

Las anfíbolitas granatíferas presentan foliación definida por la orientación de prismas de hornblenda y ocasionalmente aparecen bandeadas y están compuestas por hornblenda, plagioclasa intermedia, granate almandínico con cantidades variables de epidota, cuarzo, esfena, rutilo y opacos. Las anfíbolitas sausuríticas son de grano más fino que las anteriores, no presentan granate y la plagioclasa está intensamente sausuritizada.

Los esquistos verdes se encuentran relacionados a esquistos negros en intercalaciones que varían de centimétricas a métricas y el contacto con anfíbolitas es generalmente fallado. La foliación está definida por la actinolita en los esquistos actinolíticos y por la clorita en los cloríticos. La mayoría de las rocas son esquistos actinolíticos, constituidos además por plagioclasa, clorita y calcita pudiendo localmente aumentar el contenido de estos dos últimos minerales para pasar a esquistos cloríticos o calcáreos.

Los esquistos negros se caracterizan por el contenido de grafito y bandas de cuarzo lechoso siendo notables los plegamientos que presentan; fundamentalmente son esquistos cuarzo-moscovíticos con grafito hasta cuarcitas con cantidades menores de clorita, granate, cloritoide, opacos, rutilo, esfena, circón y turmalina. Localmente, por efectos térmicos producidos por los pórfidos terciarios, se han transformado en cornubianitas biotíticas. Las rocas del Complejo Arquía, en el área de Caldas están en facies anfíbolita a facies esquisto verde y su mineralogía indica condiciones de media presión especialmente por la presencia de granate almandínico en anfíbolitas y de cloritoide y rutilo en esquistos negros.

Aunque del Complejo Arquía en su sitio de definición solo hay una edad K-Ar en hornblenda de  $113 \pm 5$  m.a. (RESTREPO y TOUSSAINT, 1975) numerosas edades en cuerpos que se consideran, por sus características metamórficas, como parte del Complejo confirman una edad cretácea para este. El problema principal en la interpretación de estas edades es si corresponden a rocas que se formaron durante el Mesozoico y sufrieron metamorfismo poco después (TOUSSAINT y RESTREPO, 1976, 1988), o si corresponden a metamorfitas paleozoicas afectadas en el Cretáceo (GONZALEZ, 1980; MCCOURT, *et al.*, 1984). La mayoría de los autores que han escrito sobre el metamorfismo de alta presión consideran al menos su emplazamiento durante el Cretáceo.

3.2.2.7. *Grupo Cañasgordas* (Kvb, Kaa).- En el Departamento de Caldas sobre el flanco oriental de la Cordillera Occidental y al oeste del límite occidental de la zona de Falla de Romeral afloran la Formación Barroso (Kvb) y el Miembro Urrao (Kaa) de la Formación Penderisco como litounidades del Grupo Cañasgordas definido para el sector norte de esta cordillera (ALVAREZ y GONZALEZ, 1978).

La Formación Barroso (Kvb) como unidad litodémica aflora entre el Río Cauca y Anserma, en los alrededores de Belalcázar y al oeste de Viterbo; corresponde a un complejo volcánico lávico y volcanoclástico limitado al Este, arbitrariamente, por el Río Cauca; al Oeste se depositan sobre ella los sedimentos de la Formación Penderisco del Cretáceo tardío, aunque en algunas áreas el contacto entre las unidades es fallado. Está compuesto esencialmente por diabasas y basaltos y en menor proporción espilitas, con intercalaciones de lavas almohadilladas, tobas, brechas y aglomerados.

Aunque predominan las rocas volcánicas, se presentan ocasionalmente lentes irregulares de rocas sedimentarias, especialmente chert y sedimentitas silíceas a veces con fauna del Cretáceo tardío. Las características litológicas y geoquímicas son más afines con un origen en un arco volcánico desarrollado sobre corteza oceánica que estaría representado por algunos complejos ofiolíticos de la Cordillera Occidental.

La Formación Penderisco del Grupo Cañasgordas consta de sedimentos biogénicos y químicos finos (Miembro Nutibara) y sedimentitas de características turbidíticas (Miembro Urrao); esta última unidad aflora en el extremo occidental del departamento cerca a Viterbo.

El Miembro Urrao (Kaa) consta de sedimentos tipo flysh plegados y fallados que desarrollan estructuras pizarrosas y esquistosas por clivaje de fractura y efectos dinámicos. Está compuesto por arcillolitas y limolitas con grauvacas intercaladas, localmente con bancos lenticulares de conglomerado polimíctico. La edad asignada, con base en la microfauna encontrada localmente, es Cretáceo tardío.

Las rocas basálticas están afectadas por un metamorfismo de bajo grado no deformativo en las facies ceolita y prehnita-pumpellitita de tipo piso oceánico,

mientras que en las rocas sedimentarias no hay asociaciones diagnósticas y muestran un metamorfismo penetrativo.

3.2.2.8. *Gabro de Anserma* (Kgo).- Con este nombre se designa el stock básico localizado en Anserma con pequeños apófisis al noreste y sur de esta población y al cual, localmente, se encuentran relacionadas ultramafitas parcialmente serpentizadas (Kus). Los mejores afloramientos se encuentran en la carretera Anserma-La Isla, quebradas San Lorenzo, Cauyá y Chapatá.

El cuerpo principal está constituido por una roca fanerítica de grano medio a fino, equigranular, color gris oscuro a negro, compuesta esencialmente por plagioclasa cálcica, clinopiroxeno con facies que contienen olivino, ortopiroxeno y espinela, diferenciándose fundamentalmente de los gabros de la Cordillera Central relacionados a la Falla de Romeral. La ultramafita relacionada corresponde a una harzburgita con alteración parcial a total a serpentina.

Este cuerpo está relacionado con las rocas volcánicas de la Formación Barroso con contactos fallados al este de Anserma e intrusivo hacia el occidente; la relación con la ultramafita es tectónica y podría hacer parte de un complejo ofiolítico. No hay dataciones de este cuerpo pero por su relación se considera del Cretáceo tardío.

3.2.2.9. *Stocks tonalíticos de Manizales* (KTcdm) y *Mistrató* (Kcdgm).- Estos cuerpos corresponden a stocks, de composición predominantemente tonalítica, localizados, el de Manizales (KTcdm) sobre el flanco occidental de la Cordillera Central y el de Mistrató (Kcdgm) sobre el borde oriental de la Occidental. Son parte de un cinturón magmático de edad Cretáceo tardío-Cenozoico temprano que afecta ambas cordilleras.

El Stock de Manizales aflora al norte del Nevado del Ruiz constituyendo un cuerpo de forma ovalada con su dimensión mayor paralela al eje de la cordillera; en gran parte está cubierto por rocas piroclásticas de la actividad volcánica reciente en el área. Intruye rocas metamórficas del Complejo Cajamarca con una aureola de contacto bien definida.

La roca predominante es fanerítica de grano medio a fino, equigranular, color gris moteado de blanco y composición predominante tonalítica con facies granodioríticas con cuarzo, plagioclasa intermedia, feldespato potásico y biotita como minerales principales y apatito, circón, esfena, allanita y opacos como accesorios.

Determinaciones por el método de huellas de fisión (JARAMILLO, 1978) dieron edades de  $62,4 \pm 3,6$  m.a. en circón y  $10,5 \pm 1,0$  m.a. en apatito. En este método las edades determinadas en apatito indican el tiempo transcurrido después de que la roca se ha enfriado por debajo de  $100^{\circ}\text{C}$  mientras que las de circón concuerdan por lo general, con las edades obtenidas por otros métodos isotópicos en biotita.

El Stock de Mistrató (Kcdgm) aflora en el extremo noroccidental del Departamento de Caldas; en general, es un cuerpo de composición variada desde tonalítica a gabroide, está última especialmente como facies de borde, equigranular de grano medio-fino hasta porfirítico en la facies tonalítica; de color moteado en las tonalitas hasta gris oscuro verdoso en los gabros.

Al occidente del área indicada en el mapa, este cuerpo es intrusivo en las rocas volcánicas de la Formación Barroso y además tiene una posición geográfica similar a la del Batolito de Sabanalarga, localizado unos 60 km al norte, razón por la cual se consideran correlacionables y se le asigna una edad del Cretáceo tardío (CALLE y GONZALEZ, 1982).

### 3.3. CENOZOICO

Sobre el flanco oriental y en menor proporción sobre el occidental de la Cordillera Central, se encuentran plutones sintectónicos de composición monzonítica a tonalítica emplazados en el Eoceno temprano y que corresponden a la prolongación de la actividad magmática que afecta esta cordillera desde el Cretáceo tardío (ALVAREZ, 1983). Sobre el flanco occidental y en gran parte relacionados con el valle actual del Río Cauca, afloran intrusivos subvolcánicos del Mioceno de composición andesítica-dacítica.

La sedimentación terciaria, tanto en el valle del Magdalena como en el del Cauca, es continental, mientras que los depósitos cuaternarios son principalmente conos o abanicos de origen volcánico, volcanoclástico, glacio-fluvial y fluvial.

#### 3.3.1. STOCKS TONALITICOS (Tcdm, Tcdn, Tcdh, Tcdf).

Estos cuerpos afloran sobre el flanco oriental de la Cordillera Central, son post-tectónicos e intruyen las rocas metamórficas formando cornubianitas en las facies albíta-epidota y localmente en la de hornblenda cornubianita.

- El Stock de La Miel (Tcdm) aflora sobre el Río La Miel al norte de La Victoria; es un cuerpo rectangular, alargado en sentido N-S con una terminación irregular hacia al noreste, intruye esquistos sericíticos formando una débil aureola de contacto y está cubierto subhorizontalmente al este por sedimentos de la Formación Mesa. La roca predominante es fanerítica de grano medio a fino, masiva de composición tonalítica biotítico-hornbléndica con variaciones a granodiorítica.
- El Stock de Norcasia (Tcdn) es un cuerpo ovalado con su dimensión mayor Norte-Sur que aflora en las vecindades de Norcasia, de donde recibe el nombre; intruye cuarcitas y esquistos sericíticos del Complejo Cajamarca y aparece cubierto parcialmente por depósitos piroclásticos. Está constituido por tonalitas biotíticas inequigranulares de grano grueso a medio, de color moteado mostrando, por lo general, una intensa meteorización dando un suelo residual arenoso de color amarillento.

- El Stock de El Hatillo (Tcdh) es un cuerpo rectangular e irregular en su extremo oriental; intruye metamorfitas del Complejo Cajamarca, elongado en sentido norte-sur que se extiende desde el límite con el Tolima hasta la Quebrada Santa Rita al noreste de Marquetalia. La aureola de contacto alcanza hasta la facies de hornblenda-cornubianita truncando las isógradas de metamorfismo regional de bajo grado; localmente está cubierto por depósitos piroclásticos. La roca predominante es una tonalita biotítica, equigranular de grano grueso.
- El Stock de Florencia (Tcdf) es un cuerpo irregular con su dimensión mayor de dirección noroeste, localizado en los alrededores de la población de este nombre en la carretera Dorada-Sonsón. Intruye cuarcitas del Complejo Cajamarca pero no desarrolla una aureola de contacto que modifique las isógradas de metamorfismo regional. La roca predominante es una tonalita biotítica de grano grueso, pero se encuentran distribuidas irregularmente rocas granodioríticas.

De estos cuerpos se tienen dataciones en los de Florencia y El Hatillo (VESGA y BARRERO, 1978) para los cuales se obtuvieron edades K-Ar de  $54,9 \pm 1,9$  (biotita) y  $53 \pm 1,8$  m.a. (biotita) respectivamente (Tabla 2).

### 3.3.2. STOCK DE IRRA (Tmdi).

Cuerpo de composición monzodiorítica, localizado en los flancos occidental de la Cordillera Central y oriental de la Occidental y cortado por el Río Cauca en las vecindades de la población de Irra de donde recibe su nombre. Hacia el Occidente intruye las rocas diabásicas de la Formación Barroso mientras que al este está suprayacido por sedimentos terciarios de la Formación Amagá (Toi) e intruido por el pórfido de Irra (Tadi).

Macroscópicamente la facies principal corresponde a rocas de grano medio a grueso, leucocráticas variando en composición de monzodiorita piroxénica a cuarzomonzonita biotítica. La facies de borde es de grano fino a medio, localmente pegmatítica y de composición gabroide.

Por posición geográfica y relaciones con unidades adyacentes se ha asignado al Terciario inferior, posiblemente Paleoceno-Eoceno, pero podría ser un poco más antiguo y correlacionable con los stocks de Cambumbia y Támesis del Cretáceo inferior tardío (Restrepo, et al., 1982).

### 3.3.3. ROCAS HIPOABISALES PORFIDICAS (Tadm, Tadi, Tadn, Tadh, Td).

Sobre los flancos occidental de la Cordillera Central y oriental de la Cordillera Occidental y en especial a lo largo de la depresión del Cauca, en el límite geográfico de ambas cordilleras, afloran intrusivos subvolcánicos del Mioceno que constituyen geformas sobresalientes, interpretados, al menos en parte, como antiguos cuellos volcánicos rodeados por terrenos sedimentarios o volcano-sedimentarios; el sistema de fallas de Cauca-Romeral sirvió de canal para la migración del magma que originó estos cuerpos.

En el flanco oriental de la Cordillera Central estos cuerpos son más escasos y por las pocas dataciones que se poseen aparentemente son más jóvenes.

Se caracterizan por sus texturas porfídicas con variaciones en la relación matriz/fenocristales y en el tipo de estos últimos, lo cual ha permitido hacer algunas subdivisiones; predominan los pórfidos de tipo andesítico especialmente los hornbléndicos (Tadh) con fenocristales de plagioclasa y hornblenda o solamente con plagioclasa (Tdg) o de hornblenda; en otros casos se encuentran además fenocristales de cuarzo bipiramidal, pasando la composición a dacítica (Td).

Los rasgos más característicos, con base en los cuales se han hecho las subdivisiones petrográficas, son los siguientes:

- Tamaño de los fenocristales: varía desde unos pocos milímetros en el pórfido del Morro (Tadm) hasta centímetros como en los de Marmato y Supía (Tadh).
- Presencia de cuarzo: solo en los pórfidos andesíticos tipo Marmato, aparece algo de cuarzo accesorio en fenocristales y pasa a ser un mineral esencial en los pórfidos dacíticos (Td).
- Presencia de biotita: generalmente como microfenocristales con corona de magnetita como en los pórfidos de Irra (Tadmi) y Neira (Tadn). La relación hornblenda/biotita es mayor de 1. En el pórfido de El Morro (Tadm) esta relación se invierte faltando hornblenda y en el de Guadalupe (Tadg) está subordinada.
- Presencia de augita: ocasionalmente aparece este mineral acompañado de hornblenda como en el pórfido de Ingrumá, cerca a Riosucio.
- Relación matriz/fenocristales y composición de la matriz.

Los pórfidos dacíticos se encuentran en pequeños cuerpos como al noroeste de Pensilvania y localmente como facies de los depósitos andesíticos como en el área de Marmato-Supía.

La textura de estos cuerpos, con una matriz afanítica donde ocasionalmente se observa vidrio, indica que la etapa final de cristalización se efectuó en o muy cerca a la superficie con una etapa inicial de cristalización a profundidad y enfriamiento lento que permitió la formación de fenocristales. Estos cuerpos intruyen sedimentos terciarios como la Formación Amagá. Las edades radiométricas de cuerpos localizados en el área indican un rejuvenecimiento hacia el oriente con el pórfido de El Morro de  $3,5 \pm 0,2$  m.a. (VESGA y BARRERO, 1978) mientras que en la zona del Río Cauca la edad varía entre  $7,1 \pm 0,2$  para el pórfido andesítico hornbléndico de La Felisa y  $6,3 \pm 0,7$  m.a. para el pórfido dacítico de Marmato (GONZALEZ, 1980).

### 3.3.4. FORMACION AMAGA (Toi, Tom, Tos).

A lo largo de la margen occidental de la Cordillera Central durante el Oligoceno-Mioceno se produjeron zonas de hundimiento, donde se depositaron gruesas secuencias de sedimentos continentales que constituyen la Formación Amagá (GONZALEZ, 1976), la cual fue intruida en el Neógeno tardío y hoy en día se encuentra en depresiones menores limitadas por fallas.

Esta formación se ha subdividido en tres miembros de acuerdo con la presencia o ausencia de mantos de carbón, su espesor y la presencia de niveles conglomeráticos. El Miembro Inferior (Toi) aflora al norte de Irra y en bloques a lo largo de la Falla de Romeral y se caracteriza por la presencia de conglomerados polimícticos con clastos de rocas metamórficas mal seleccionadas, arenitas conglomeráticas de color gris oscuro y por bancos de arenitas arcillosas de color gris a gris verdoso.

El Miembro Medio (Tom) aflora en cercanías de Aranzazu y entre Riosucio y El Salado. Se caracteriza por la presencia de mantos de carbón, explotados en la zona de Riosucio, con bancos de arenitas de grano fino hasta grueso que gradualmente pasan a arenitas arcillosas y arcillolitas; en estas últimas ocasionalmente se encuentran restos de plantas fósiles.

El Miembro Superior (Tos) aflora en el área Supía-Riosucio, entre La Felisa e Irra, entre el Río Arquía - Supía y en Filadelfia; está caracterizado por la ausencia de mantos explotables de carbón y de conglomerados y por el predominio de arenitas oscuras y de limolitas y arcillolitas de color ocre deleznable con ocasionales concreciones calcáreas.

En gran parte, los diferentes miembros están suprayacidos en discordancia por la Formación Combia y son intruidos por pórfidos del Mioceno tardío. Según Van der Hammen, (1957, 1958) esta formación es del Oligoceno Superior, llegando el Miembro superior hasta el Mioceno inferior.

### 3.3.5. GRUPO HONDA (Tsh)

Este grupo aflora en el flanco oriental de la Cordillera Central sobre piedemonte y está relacionado a la sedimentación continental del Valle Medio del Magdalena. Reposo discordantemente sobre metamorfitas del Complejo Cajamarca y es suprayacido concordantemente por la Formación Mesa.

En el área aflora predominantemente la parte superior de este grupo, caracterizado por la ausencia casi total de cantos de rocas volcánicas y el predominio de sedimentos rojos con lutitas y arenitas, que correspondería a la Formación Los Limones, en el sentido de De Porta (1965), con una morfología suavemente ondulada. Hacia el occidente, cerca a las metamorfitas, se observan algunos niveles conglomeráticos con cantos predominantes de rocas metamórficas, cuarzo y sedimentitas y ocasionales de rocas plutónicas y volcánicas, que pasan a areniscas conglomeráticas con variación en la proporción relativa de los diferentes tipos de

cantos. Esta unidad, en cercanías de La Dorada, ha sido denominada Formación La Dorada (WELLMAN, 1970). La edad, motivo de amplia discusión (DE PORTA, 1974), se considera como del Mioceno medio a tardío preferencialmente.

### 3.3.6. FORMACION COMBIA (Tmc)

Esta secuencia litológica aflora a lo largo de la depresión del Cauca entre las cordilleras Central y Occidental, teniendo su mayor espesor y mejores afloramientos al occidente de Supía y Riosucio en el flanco oriental de la Cordillera Occidental.

Aunque en el campo pueden diferenciarse dos unidades, una inferior esencialmente volcánica y una superior donde predominan epiclastitas y piroclastitas mal consolidadas, en el mapa aparecen como una sola unidad debido a la escala. La unidad basal está constituida fundamentalmente por piroclastitas, con fragmentos de tamaño variable desde bloques y brechas en los aglomerados hasta ceniza fina en las tobas, con algunos derrames basálticos hacia la base y diques andesíticos. La unidad superior está, por lo general, mal consolidada y en ella son comunes clastos de rocas porfídicas.

Las rocas del miembro inferior de esta formación reposan en discordancia sobre el Miembro Superior de la Formación Amagá, mientras que las del superior se superponen a distintos miembros de esta formación, están separados de ésta por una discordancia erosiva y son intruidas por pórfidos del Plioceno; estas relaciones indican una edad Mioceno superior-Plioceno.

### 3.3.7. FORMACION MESA (Tsm)

Secuencia continental que aflora en el Valle del Magdalena, región de La Dorada, caracterizada por una morfología de "mesas" en la parte superior con paredes verticales, muy notoria y claramente diferenciable en la región.

La Formación Mesa reposa concordantemente sobre el Grupo Honda y está conformada por bancos de conglomerados, areniscas conglomeráticas y algunas intercalaciones de limolitas y cenizas volcánicas; los conglomerados se caracterizan por la abundancia de cantos de pórfidos y pumitas y poca proporción relativa de rocas metamórficas, sedimentarias y plutónicas.

Las asociaciones palinológicas encontradas en la parte basal de esta formación indican una edad Plioceno inferior (DUEÑAS y CASTRO, 1981).

### 3.3.8. FLUJOS ANDESITICOS (TQa)

Esta unidad aflora sobre el eje de la Cordillera Central en el área del Parque Nacional de los Nevados y corresponde a flujos de lava del Mioceno-Pleistoceno, anteriores a las glaciaciones del Pleistoceno, producto de un volcanismo aparentemente relacionado con fracturas tensionales que sirvieron de conducto al magma para su migración hasta superficie.

Estos flujos están constituidos por coladas de lavas andesítico-dacíticas, localmente basálticas (JARAMILLO, 1980), que forman una serie de mantos superpuestos que se extienden en forma de flujos descendentes hasta 30 km de los centros de emisión (THOURET, 1984). Las rocas son porfídicas con fenocristales de plagioclasa y máficos en una matriz vítrea; el contacto entre mantos está marcado por una disminución en el tamaño de los fenocristales y por una corteza de enfriamiento más rápido. Las lavas no alteradas son de color gris y toman un color rojizo al alterarse por oxidación de los ferromagnesianos.

Aunque no se conoce la edad absoluta, estos flujos fueron asignados al Mioceno-Pleistoceno (HERD, 1974).

### 3.3.9. FLUJOS ANDESITICOS RECIENTES (Qa)

Estos flujos son producto de la actividad volcánica holocénica, posterior a la glaciación del Pleistoceno (HERD, 1974), relacionada a los volcanes Cerro Bravo y El Ruiz y en menor proporción al Cisne y Santa Isabel. Las rocas en su mayoría son andesíticas porfídicas donde la paragénesis más frecuente está constituida por plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno, hornblenda y opacos y ocasionalmente olivino y biotita. Se puede reconocer un cambio gradual de las facies más básicas a las más ácidas por la abundancia relativa de clinopiroxeno, ortopiroxeno y anfíbol.

En algunos casos, como en Cerro Bravo, las lavas andesíticas tienen intercalaciones de flujos de lodo, mientras que las provenientes del Santa Isabel rellenan artesas glaciares y fosilizan parcialmente morrenas terminales en retroceso. Estos flujos recientes no se alejan más de 3-5 km de los sitios de erupción. La edad de las últimas emisiones lávicas fue considerada por Herd (1974) como Holoceno puesto que no fueron afectadas por las glaciaciones del Pleistoceno.

### 3.3.10. DEPOSITOS PIROCLASTICOS (Qto)

El Cerro Bravo es el único volcán en el área de Caldas que ha producido erupciones piroclásticas de tipo pliniano importantes en épocas post-glaciares y por lo tanto el área aledaña presenta una gruesa cubierta piroclástica constituida principalmente por pumitas y arenas mezcladas con cenizas y en las vecindades del volcán bombas de corteza de pan hasta de 1 m de diámetro. Las características de los depósitos piroclásticos son típicas de erupciones altamente explosivas: se observan depósitos de "surge" de caída, de flujos de pómez, depósitos de nube ardiente y tobas vesiculadas. Por la magnitud de esta actividad explosiva es probable que algunas de las capas de cenizas que recubren formaciones antiguas en el Valle del Magdalena en la región de la Dorada provengan de este volcán.

Los productos piroclásticos del Ruiz están relacionados a una actividad explosiva moderada verificada durante el ciclo normal de la actividad efusiva del volcán y corresponden a arena, escoria, lapilli. Los bloques y las bombas de "corteza de pan" de las últimas erupciones muestran el máximo grado de evolución de manera

que pueden clasificar como dacitas caracterizadas por la presencia de trazas de biotita.

No hay depósitos piroclásticos relacionados a la actividad volcánica del Complejo Volcánico de El Cisne o a la del Santa Isabel (CHEC, 1983).

En algunos cortes se observan espesores de más de 30 m de cenizas y lapilli pumítico con suelos fósiles intercalados. Capas de cenizas cerca a los centros de emisión forman ignimbritas incipientes similares a flujos de lava muy reciente; cuando las cenizas y lapilli pumítico se depositan en medio acuoso, aparecen interstratificadas con capas de arcilla.

La actividad volcánica actual del Ruiz produjo depósitos de tefra no indicados o separados en el mapa, de los depósitos consolidados más antiguos en el área del Parque Nacional de los Nevados.

Según Herd (1974) estas secuencias piroclásticas son más jóvenes que la última glaciación, 13.670 años, y en gran parte siguen la morfología del terreno cubriendo las formaciones más antiguas.

#### 3.3.11. FLUJOS DE LODO VOLCANICO (Qfl)

Al este del Parque Nacional de los Nevados sobre el flanco occidental de la Cordillera Central se encuentran flujos de lodo volcánico "Lahars", sobre los cuales están construidas en parte las ciudades de Manizales, Chinchiná, Neira, Villa María y Aranzazu y ocupan parte del curso inferior de los ríos Chinchiná y Guacaica.

Los flujos están constituidos por cantos y bloques en general redondeados, de decímetros a metros de diámetro de vulcanitas andesíticas, pumitas, esquistos, plutonitas graníticas y cuarzo lechoso en una matriz piroclástica de ceniza, arena, lapilli pumítico y fragmentos de rocas volcánicas, donde el tamaño y cantidad de bloques decrece a medida que se aleje del centro de origen. Algunos de estos flujos se han desplazado hasta el Río Cauca a unos 50 km de su origen y alcanzan hasta 50 m de espesor con paredes verticales escarpadas como en el Río Chinchiná. El perfil estratigráfico de estos depósitos incluye algunos conjuntos areno-arcillosos con características de sedimentos torrenciales (THOURET *et al.*, 1985 a, b).

Estos depósitos son producto de la actividad explosiva de los volcanes del área y de los correspondientes flujos de escombros proyectados hacia el pie de monte de la Cordillera Central y el Valle del Cauca, a lo largo de los cauces de los ríos y arroyos, al producirse un rápido deshielo por el vulcanismo. La edad de cada uno de los flujos no se ha determinado, pero los eventos que los originan ocurrieron entre el Pleistoceno y Holoceno pudiéndose considerar, la mayoría, como holocénicos a actuales, correspondiendo los más antiguos a la actividad de los volcanes Cerro Bravo, Guacaica y otros y los más recientes de El Ruiz.

### 3.3.12. DEPOSITOS GLACIARES (Qg)

En la zona del Volcán Nevado del Ruiz, por encima de los 4.500 m.s.n.m. se encuentran nieves perpetuas como testigos de la última glaciación. Hoy en día con la reactivación del volcán se observa un retroceso de estas capas y una cubierta de tefras pero aún pueden reconocerse geoformas glaciares como circos, valles en "U", morrenas laterales y terminales y rocas estriadas en las paredes de las artesas. Según Herd (1974) hay evidencia de campo y dataciones que indican, al menos, dos avances de los glaciares durante el Pleistoceno y uno durante el Holoceno (THOURET *et al.*, 1985b). Los depósitos glaciares no diferenciados se encuentran en los alrededores del Nevado del Ruiz y corresponden a una cubierta de detritos glaciares "drift" compuesta por diversas clases de depósitos glaciares.

### 3.3.13. ALUVIONES RECIENTES (Qar)

Los sedimentos que rellenan los valles de los ríos Magdalena y Cauca y la parte baja del curso de muchos otros ríos y quebradas en el área, constituyen el Cuaternario más reciente, escasamente disectado y formando amplias llanuras en el Valle del Magdalena; generalmente se trata de llanuras producidas por repetidas inundaciones y en algunos casos por flujos de lodo posiblemente relacionados a rápidos deshielos.

Estos depósitos están constituidos por bloques, gravas, arenas y limos en diversas proporciones, embebidos en una matriz areno-arcillosa. En algunos lugares estos depósitos están elevados con respecto al nivel actual de las corrientes y podrían ser del Pleistoceno. Sin embargo, teniendo en cuenta la tasa de erosión del Río Cauca es probable que sus tributarios al tratar de acomodarse al nivel actual del río principal dejen aluviones relativamente altos con respecto al curso actual.

Es común encontrar en las diversas riberas, especialmente cerca a las desembocaduras de los diversos ríos y quebradas, acumulaciones de bloques de diferentes tipos de roca y tamaño; estas acumulaciones invaden el curso del río principal y lo obligan a socavar la orilla contraria como el caso del Río Cauca entre La Virginia y la desembocadura del Río Arquía

## 4. TECTONICA

La interpretación de la evolución tectónica de los Andes septentrionales es uno de los temas más inquietantes en la literatura geológica durante los últimos años. El área del Departamento de Caldas por su localización en este dominio geológico y en especial el sector occidental ubicado en el límite geológico-geográfico de dos de las cordilleras en que se subdividen los Andes en Colombia, no escapa a la problemática planteada por diversos autores sobre su origen y evolución. Este capítulo es esencialmente introductorio y descriptivo de las características estructurales fundamentales que se presentan en la región.

La Cordillera Central se caracteriza por ser una cadena que ha sufrido intensos plegamientos, fallamientos, levantamientos e intrusiones batolíticas de gran

magnitud, haciéndose difícil dilucidar las relaciones estructurales y estratigráficas entre las distintas unidades de roca. Además, durante el Cenozoico se presentaron grandes eventos volcánicos cuyos productos aún fosilizan el relieve y no permiten observaciones detalladas. A nivel del Departamento de Caldas, la cordillera está enmarcada dentro de dos sistemas de fallas aproximadamente perpendiculares entre si (Figura 7): el primer sistema está representado por las fallas de Romeral-Cauca al oeste y la de Palestina y Mulato al Este con direcciones variables entre NNE-SSW y NE-SW que coinciden con las direcciones generales de los sistemas tectónicos de la cadena Andina (PAGE, 1986). El segundo sistema tiene dirección aproximada NW-SE a E-W y está constituido por la Falla de Salamina-Marulanda y el alineamiento del Río Arma.

Fuera de estos grandes sistemas de fracturamiento existen otros menores, a veces con direcciones paralelas a los grandes sistemas o satélites de ellos en forma oblicua formando sistemas denominados "Cola de Caballo" comunes en la Falla de Palestina y a algunos de los cuales podría estar relacionado el vulcanismo del Complejo Volcánico Ruiz-Tolima.

Las grandes fracturas en general, tienen una clara expresión morfológica (Palestina, Romeral, La Merced, Aranzazu y Salamina) y presentan rocas fracturadas y cizalladas, alteración y brechamiento, mientras que las menores solo presentan algunas de estas características y están marcadas principalmente por alineamientos en las fotografías aéreas.

Hacia el este del departamento se encuentra la depresión geomorfológica del Valle del Magdalena (Figura 7) considerada como una fosa o semifosa (DE PORTA, 1966), con un borde recto en el pie de monte de la Cordillera Central marcado por la Falla de Mulato, inversa durante el Paleógeno y normal durante el Neógeno. Sin embargo, la expresión de esta falla no es muy clara en los afloramientos lo cual permite la discrepancia de opiniones sobre el origen del Valle del Magdalena.

El límite geológico entre las Cordillera Central y Occidental en parte no coincide con el límite geográfico definido por el Río Cauca; las diferencias geológicas entre ambas cordilleras son fundamentales pues mientras la Central representa un dominio de basamento continental polimetamórfico de baja presión y en gran parte paleozoico (Complejo Cajamarca), la Occidental es esencialmente de rocas de ambiente oceánico de edad cretácica. Este límite es complejo y está marcado por el sistema de fallas Cauca - Romeral especialmente por su expresión más occidental, la Falla Cauca - Almaguér; los complejos ofiolíticos de Pácora y Filadelfia representativos de material oceánico y las rocas metamórficas de media-alta presión del Complejo Arquía de edad cretácea se encuentran cabalgadas sobre el basamento metamórfico de la Cordillera Central (RESTREPO y TOUSSAINT, 1974; TOUSSAINT y RESTREPO, 1988; MEJIA *et al.*, 1988).

En la zona del Cauca entre el límite oriental de los cabalgamientos (Falla de San Jerónimo?) y el límite occidental de la Cordillera Central, Falla Pijao-Silvia,



hay superposición de materiales de ambas cordilleras pudiendo aparecer metamorfitas, como ventanas, debajo de las unidades oceánicas donde además, las distintas unidades de roca se presentan tectonizadas en mayor o menor grado conformando unidades estructurales separadas, en su mayor parte, por fallas de alto ángulo de dirección y buzamiento variable y por bloques tectónicos (Figura 8). El modelo estructural actual iniciado en el Paleogeno, es de fallamiento de bloques producto de una tectónica compresiva que pudo haber causado el reemplazamiento de algunas litounidades y la formación de grandes sistemas de fallas de rumbo.

La superposición de eventos tectónicos a través del tiempo dificulta la determinación de las estructuras regionales; por lo general rocas metamórficas del Complejo Cajamarca presentan un intenso plegamiento y regionalmente tienen estructura isoclinal con buzamiento hacia el Este. En la secuencia sedimentaria del Complejo Quebradagrande, la tendencia regional del buzamiento es también al Este formando así las dos unidades una secuencia monoclinal con buzamiento al Oriente.

El rasgo estructural más sobresaliente en las unidades relacionadas al sistema de fallas Romeral y en algunos sectores de las fallas de Palestina, Samaná Sur y Río Dulce es el desarrollo de una esquistosidad o foliación cataclástica producida por metamorfismo dinámico, que afecta tanto las secuencias sedimentarias y meta-sedimentarias como a algunas rocas ígneas. La dirección de esta esquistosidad es paralela a subparalela a la dirección general determinada por las fallas y fracturas que la ocasionan.

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

Los recursos minerales conocidos y explotados en el Departamento de Caldas están representados fundamentalmente por minerales metálicos y metales preciosos, oro y plata, pero en ninguna de estas ocurrencias minerales se ha realizado suficiente exploración o estudios detallados que permitan tener una evaluación precisa en cuanto a su magnitud, forma y tenor promedio. La historia de la minería en el departamento, como en toda Colombia, ha estado ligada a la del oro y la plata iniciada en el siglo XVII en la región de Marmato y Supía (RESTREPO, 1884) y solo en los últimos años se ha incrementado la producción de minerales y materiales diferentes.

### 5.1. RECURSOS MINERALES METALICOS

Las ocurrencias de minerales metálicos están relacionadas a rocas intrusivas del Paleozoico-Mesozoico, a rocas subvolcánicas y en menor proporción a las rocas de los complejos Cajamarca y Quebradagrande. Desde el punto de vista de economía minera en la actualidad solo tienen importancia las relacionadas con las rocas subvolcánicas del área de Marmato-Supía y algunos depósitos aluviales.

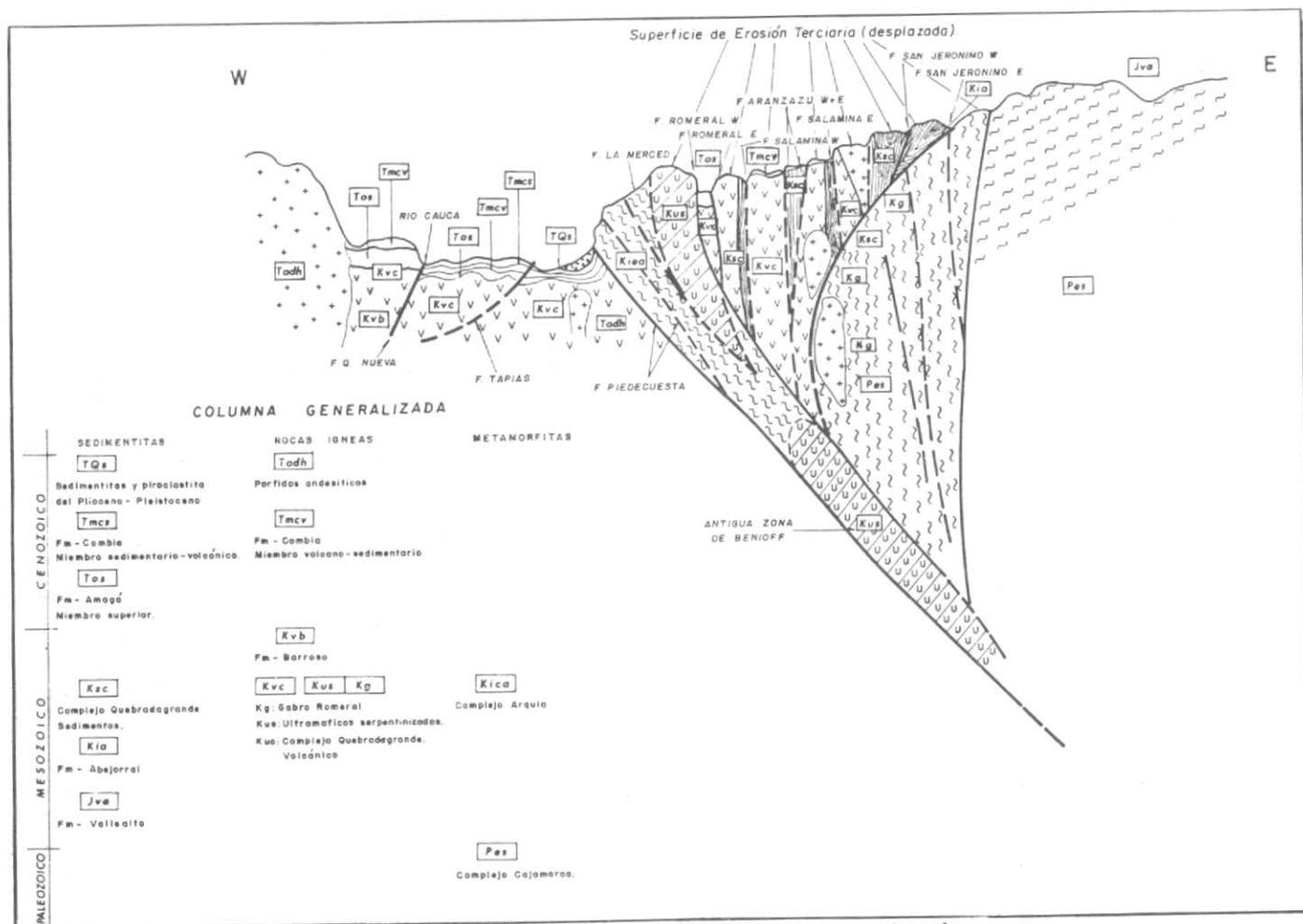


FIGURA 8: Corte geológico esquemático entre las cordilleras Central y Occidental a  $5^{\circ}25'N$ . (Modificado de JAMES, *et al.*, 1990).

### 5.1.1. ORO - PLATA

Se conocen y explotan mineralizaciones de filón y aluvión; las primeras se localizan casi siempre cerca a las zonas de contacto de los diferentes intrusivos. Las zonas más interesantes para oro-plata están localizadas en la región de Marmato, Supía y Riosucio de donde proviene más del 90% de la producción actual del departamento (Tabla 3) con un aumento notorio en los últimos años; allí se explotan mineralizaciones de filón y por barequeo los aluviones de los ríos Sucio, Supía y algunos de sus afluentes.

Al oriente de Manizales-Villamaría se encuentran algunas minas de filón relacionadas al contacto del Stock de Manizales y pórfidos andesíticos con metamorfitas del Complejo Cajamarca. En la parte oriental del departamento se encuentran manifestaciones de tipo filoniano y de origen hidrotermal variando de mesotermal a epitermal.

En la zona de La Dorada en los ríos Purnio, La Miel, Manso y Guarinocito, en los últimos años ha aumentado la explotación de los aluviones alcanzando en algunos casos, en las zonas de San Miguel (Antioquia) - La Miel, características de mediana minería por el volumen de material explotado por día y el grado de mecanización.

### 5.1.2. ANTIMONIO

Las ocurrencias de antimonio son escasas; se conocen manifestaciones en Riosucio (La Palma) asociados con oro y plata y en Villamaría (La Gloria y La Cristalina); actualmente estas minas se encuentran abandonadas.

### 5.1.3. MANGANESO

Se conocen los prospectos de San Rafael al noreste de San Félix y los de Granadillo y El Porvenir en Viterbo, estos relacionados a chert y rocas volcánicas básicas del Grupo Cañasgordas que por su ambiente de formación serían más interesantes para la búsqueda de un depósito de valor económico. Las manifestaciones conocidas no parecen ser de magnitud para justificar estudios detallados.

### 5.1.4. PLOMO, ZINC, COBRE

Manifestaciones de metales básicos se conocen en la región noreste del departamento, entre Samaná y Marquetalia casi siempre relacionados al contacto de los stocks diorítico-granodioríticos con las metamorfitas del Complejo Cajamarca.

También existen algunas ocurrencias en la zona de Marmato relacionadas a las mineralizaciones de oro y plata, en San Bartolomé (municipio de Pácora) y en la zona de Anserma.

TABLA 3: Producción de oro en el Departamento de Caldas por municipios en 1989 (Onzas Troy), Datos del Banco de la República.

MUNIC.	MES	ENERO	FEBR.	MARZ.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
AGUADAS		0,19	0,44	1,33	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,47	3,04
ANSERMA		16,40	24,02	20,68	20,60	5,10	22,24	14,35	28,52	3,09	18,69	51,70	23,70	249,10
CHINCHINA		18,70	2,50	24,18	23,92	21,51	15,07	22,59	22,15	16,27	1,73	2,94	0,00	171,55
FILADÉLFIA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LA DORADA		1.473,29	1.104,20	1.291,79	1.272,62	1.383,44	1.106,72	1.162,58	1.296,72	901,11	836,54	768,03	789,78	1.3386,83
LA MERCED		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LA VICTORIA		0,45	0,00	42,75	12,46	295,85	69,00	9,30	35,86	0,00	10,65	19,75	66,32	562,40
MANIZALES		97,14	31,30	114,26	9,65	15,34	71,54	9,56	65,19	55,60	51,52	33,33	37,80	592,22
MANZANARES		11,96	57,10	47,82	35,35	40,34	35,00	38,92	22,54	45,07	16,66	15,65	14,38	380,81
MARMATO		439,51	739,98	745,84	555,14	616,16	656,18	658,59	796,13	832,57	712,65	879,29	701,27	8.333,31
NEIRA		0,00	0,31	0,00	0,38	4,14	2,31	12,61	1,44	20,18	0,79	584	7,28	55,28
PALESTINA		13,40	3,03	0,00	8,03	26,05	8,38	24,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	83,39
PENSILVANIA		0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,99	0,49	1,23	6,38	0,00	0,00	0,00	9,51
RIOSUCIO		121,06	143,95	174,14	109,60	143,95	128,97	145,61	129,26	92,47	107,76	63,43	93,92	1.454,13
RISARALDA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SAMANA		72,54	36,84	133,20	138,94	111,30	118,47	307,73	389,01	241,94	167,69	228,84	251,32	2.197,82
SUPIA		0,00	0,00	0,16	0,00	7,80	5,69	11,51	11,19	3,76	2,83	17,77	31,41	92,12
VILLA MARIA		74,39	36,42	292,19	165,47	91,41	162,72	164,34	92,60	100,85	84,23	98,06	113,69	1.476,37
TOTAL		2.339,02	2.180,11	2.888,34	2.352,59	2.762,43	2.403,29	2.582,68	2.891,85	2.319,84	2.011,74	2.184,63	2.131,34	29.047,86

### 5.1.5. HIERRO

La morfología relativamente suave en la región del Volcán Nevado del Ruiz favoreció la acumulación en cuencas restringidas de minerales de hierro; la principal ocurrencia se encuentra cerca al Hotel Termales, municipio de Villamaría que fue explotado en años anteriores.

### 5.1.6. MERCURIO

Manifestaciones de mercurio se encuentran desde Neira hasta Aguadas asociadas a la Falla de Romeral (Aranzazu-Salamina) y en rocas del Complejo Quebradagrande. Dentro de esta faja se encuentra la mina Nueva Esperanza que estuvo en explotación durante varios años como única productora de mercurio en Colombia, pero que actualmente se encuentra abandonada. La mineralización se encuentra en venillas de cuarzo lechoso concordantes con la estratificación de lutitas carbonáceas en la unidad sedimentaria del Complejo Quebradagrande cerca al contacto con pórfidos andesíticos.

## 5.2. RECURSOS MINERALES NO METALICOS

Los recursos minerales no metálicos son los de mayor importancia en el departamento tanto por lo que puede representar económicamente su explotación como por el número de obreros empleados en su extracción y beneficio. Estos recursos están relacionados con todas las unidades litológicas descritas anteriormente y su explotación con excepción de las de Cementos Caldas, La Victoria y los carbones de Riosucio, son a pequeña escala y artesanales.

### 5.2.1. MARMOL - CALIZAS

En la región oriental del departamento se encuentran extensos yacimientos de mármol en los ríos La Miel, Samaná y Doña Juana, siendo los de mayor importancia por su explotación actual a mediana escala, los de La Victoria tanto para la industria de vidrio como para la extracción y aserrío de bloques. Estos mármoles están relacionados con el Complejo Cajamarca y según Feininger, *et al.*, (1972) estarían en la parte superior de la secuencia metamórfica. En la región occidental se conocen algunos yacimientos de calizas al oriente de Manizales y en el Río Chinchiná pero por su magnitud son de poca importancia (LOPEZ, 1971). En esta región los yacimientos más importantes están en Neira donde está localizada la fábrica de Cementos Caldas y corresponden a bancos de caliza intercalados en metalutitas del Complejo Quebradagrande, y su explotación en los últimos años ha presentado serias dificultades por la tectónica del depósito, inestabilidad de los cortes y amplias variaciones en la calidad de la caliza.

### 5.2.2. ARCILLAS

Se encuentran diferentes tipos de arcillas; algunas son residuales provenientes de la meteorización "in situ" de las diversas unidades de roca que afloran en el departamento. Las provenientes de rocas básicas y cenizas volcánicas se emplean localmente para la fabricación de ladrillos y tejas.

Otro tipo de arcillas se encuentra como estratos dentro de secuencias sedimentarias como las de Valle Alto, Abejorral y Amagá y en el Complejo Quebradagrande.

Algunas lutitas silíceas de las Formaciones Abejorral y Valle Alto, al meteorizarse forman un material caolinítico de bajo contenido de hierro que se emplea en la industria cerámica. Las principales ocurrencias se encuentran en Aguadas, San Félix y Marulanda.

#### 5.2.3. CARBON

En la región de El Salado (Riosucio) se encuentran varios mantos de carbón con espesores variables que actualmente se encuentran en explotación; la producción en gran parte es consumida por Cementos Caldas.

En la región de Aranzazu se encuentran algunas manifestaciones que en ocasiones han sido explotadas artesanalmente para uso doméstico. Los mantos tiene hasta 2 m de espesor pero su poder calorífico es muy bajo.

#### 5.2.4. FELDESPATOS

Existen en la región varias manifestaciones de feldespato, algunas de las cuales han sido explotadas esporádicamente para la industria cerámica; en la región de El Oro entre Arma y La Pintada y sobre la margen oriental del Río Cauca se encuentran diques de pegmatita y aplita relacionados al Stock de Cambumbia, de espesor entre unos pocos centímetros y 2 m. En la región de Manzanares, cuerpos de composición cuarzo-feldespática en parte caolinizados ocurren como diques en esquistos sericíticos. La alaskita de Samaná presenta zonas muy altas en feldespato y bajas en máficos que podrían tener aplicación industrial.

#### 5.2.5. MATERIALES DE CONSTRUCCION

La zona de mayor desarrollo urbano en la región Manizales-Chinchiná-Villamaría, utiliza tradicionalmente como fuentes de extracción de materiales de construcción el Río Chinchiná y algunos de sus afluentes.

Los materiales que se utilizan para construcción son las rocas intrusivas, anfibolitas y esquistos verdes. Neises, rocas verdes y serpentinitas se emplean para afirmado de carreteras. Los intrusivos meteorizados, se transforman en arenas que pueden ser aprovechadas en la fabricación de bloques de cemento y tuberías; estas arenas lavadas y tamizadas pueden emplearse para revoque y mortero.

Como agregado liviano y material aislante pueden utilizarse fragmentos de pumitas; este material ha sido utilizado por Cementos Caldas para producir cemento puzolánico.

Los depósitos piroclásticos al meteorizarse forman un material arcilloso que puede aprovecharse para cerámica y ladrillos. Como piedra decorativa se

emplean esquistos verdes, ya que pueden ser separados en lajas debido a su laminación; también se emplean mármoles y ocasionalmente bloques de serpentinita.

#### 5.2.6. MINERALES RADIATIVOS

Las investigaciones realizadas por diversas compañías a mediados de la década de los 70 sobre minerales radiactivos en Colombia, permitieron identificar en Caldas dos zonas anómalas: una en el horizonte fosilífero de Berlín y otra en Irra asociada a fracturas en el stock monzodiorítico de Irra.

#### 5.2.7. RECURSOS GEOTERMICOS

La zona volcánica del Ruiz-Tolima ha sido estudiada en los últimos años (CHEC, 1983), en espera de poder aprovechar la energía calórica proveniente de la actividad volcánica en el desarrollo de proyectos geotérmicos.

## 6. AMENAZAS GEOLOGICAS

Por su ubicación geográfica y geológica, el Departamento de Caldas esta sometido, en diferentes grados, a la mayoría de las amenazas de origen geológico que se han identificado en Colombia. Tal vez Caldas es el departamento que está sometido al mayor número de amenazas geológicas en el territorio nacional. En la Figura 9 se muestran las áreas afectadas por diversos desastres en el período 1920-1990.

### 6.1. AMENAZA SISMICA

El sector conocido como Viejo Caldas es una de las regiones donde se ha registrado un alto número de sismos históricos, de consecuencias catastróficas para algunas de las ciudades del área (JAMES, 1984). De acuerdo con el decreto 1400 de 1984, Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes, el occidente del departamento tiene amenaza sísmica alta, y la parte oriental está dentro de una zona de amenaza sísmica intermedia (VALENCIA, 1988).

### 6.2. AMENAZA VOLCANICA

Varios de los volcanes activos del país se encuentran en el llamado Parque Nacional de los Nevados, en límites con el Departamento del Tolima. Las erupciones más catastróficas de que se tenga mención en la historia del país han ocurrido en este macizo. En el Departamento de Caldas existen amplias zonas sometidas a la amenaza derivada de erupciones volcánicas, especialmente, en proximidades de los edificios volcánicos y a lo largo de los ríos y corrientes que nacen en éstos (INGEOMINAS, 1985, 1986). La catástrofe mayor se presentó en la cuenca de los ríos Claro, Chinchiná y Cauca, debido a los lahares producidos por la erupción del volcán del Ruiz en noviembre de 1985, cuando murieron más de 2.000



FIGURA 9: Inventario histórico de desastres naturales, período 1920 - 1990.

personas en el departamento. Los municipios más afectados fueron Chinchiná, en su área urbana, y Villamaría, Manizales, Palestina y Neira en el área rural.

### 6.3. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa o derrumbes son de muy variado tipo y grado de peligrosidad; a diferencia de las anteriores amenazas, afectan áreas más pequeñas, pero, por su gran frecuencia, pueden llegar a tener efectos combinados igualmente catastróficos para la vida y la propiedad. El departamento tiene un abundante registro histórico de este tipo de eventos, especialmente en su capital, donde, por sus características geológicas y topográficas y el tipo de ocupación humana que se da en algunos sectores, se conjugan muchos de los factores desencadenadores de movimientos en masa. La Corporación Regional para la Defensa de Manizales, Salamina y Aranzazu (CRAMSA), se creó como una respuesta a los catastróficos eventos sucedidos en las décadas de los años sesenta y setenta, en los cuales perdieron la vida numerosos habitantes, especialmente de Manizales, mientras Salamina y Aranzazu sufrían graves procesos de deterioro en el casco urbano.

Puntos críticos, ampliamente conocidos en áreas rurales, son los movimientos de masa de La Siria y La Estampilla, que afectan la infraestructura vial del departamento.

### 6.4. INUNDACIONES - AVENIDAS TORRENCIALES

Las inundaciones son más frecuentes en los valles del Cauca y el Magdalena, siendo este último donde con mayor frecuencia se presentan caudales que pueden afectar algunas zonas bajas de las poblaciones ribereñas, especialmente La Dorada, donde se presenta un acelerado proceso de socavamiento del río en el área urbana.

Muchas de las cuencas de alta montaña, especialmente donde existen procesos avanzados de degradación del paisaje por actividad antrópica, son propensas a la ocurrencia de crecientes torrenciales, que en ocasiones revisten gran peligrosidad para los habitantes o poblaciones localizadas en proximidades de sus cauces.

### 6.5. EROSION DE SUELOS

La erosión de suelos como tal no es un proceso catastrófico, pero tiene consecuencias dañinas a largo plazo, especialmente en regiones de economía esencialmente agrícola. El cambio en el cultivo tradicional del café con sombrero, hacia nuevas variedades que no requieren de la acción protectora del sombrero, ha desencadenado procesos de erosión y pérdida de suelo, cuyas consecuencias a mediano y largo plazo están aún por evaluar.

## 7. EVOLUCIÓN GEOLOGICA

La evolución geológica del área del Departamento de Caldas, es necesario enmarcarla dentro de la zona andina más septentrional constituida por segmentos que tienen historias diferentes desde el Proterozoico hasta Hoy.

Los estudios regionales llevados a cabo en los últimos años permiten tener un conocimiento más amplio de su geología, aún cuando hay discrepancia en cuanto al origen y edad de los eventos tectonoestratigráficos que han impreso a esta parte de la Cordillera Andina su configuración geológica y geomorfológica actual.

Las rocas más antiguas en el área corresponden a la secuencia polimetamórfica del Complejo Cajamarca, localizado preferencialmente al este de la Falla de San Jerónimo, cuyo primer metamorfismo es posiblemente del Paleozoico temprano y con un evento importante durante el Devónico-Carbonífero tal como lo indican datos de isocronas Rb/Sr en intrusivos néisicos sintectónicos (RESTREPO, *et al.*, 1989) y solo reconocido en la parte norte de la Cordillera Central. Este metamorfismo es de bajo grado en condiciones de baja presión.

A finales del Paleozoico y comienzos del Mesozoico tiene lugar un nuevo evento metamórfico (evento Permo-Triásico) detectado por dataciones K-Ar en micas de numerosas muestras (RESTREPO, *et al.*, 1982) y que sería producto de la orogénesis herciniana durante la cual se emplazaron los intrusivos néisicos sintectónicos de San Diego, Manizales y otros, sobre ambos flancos de la Cordillera Central. Por lo tanto, durante esta orogénesis se produjo un metamorfismo regional intenso que superpone sus características a las del Devónico-Carbonífero y un plutonismo de intensidad débil en ambas márgenes de la cordillera.

El magmatismo Permo-Triásico no está registrado en esta parte de la cordillera pero se presenta al Norte como pequeños plutones en el flanco oeste y está ausente la sedimentación durante este mismo período.

Durante el Jurásico se desarrolla un cinturón magmático localizado hacia el eje de la Cordillera (Batolito de Sonsón) y primordialmente en el flanco oriental (Batolitos de Segovia e Ibagué).

Durante el Jurásico medio-tardío se produce una transgresión sobre la Cordillera Central durante la cual se depositaron los sedimentos de la Formación Valle Alto con abundantes restos de plantas, que indican la presencia de islas con vegetación en la plataforma y zonas de relieve que formaban cuencas de circulación restringida con condiciones euxínicas. La presencia de estos sedimentos no metamorfosados y aparentemente autóctonos, indicaría que al menos parte del Complejo Cajamarca ya había sufrido metamorfismo en ese momento y que no habría un metamorfismo regional posterior. La sedimentación marina iniciada en este período se prolonga hasta el Albiano (Formación Abejorral) y aunque el contacto entre estas dos formaciones es fallado, la presencia de conglomerados

oligomícticos -cuarzosos en la base de la Formación Abejorral indicaría una interrupción en la sedimentación con levantamiento y erosión continuando una nueva transgresión.

La terminación del magmatismo del Jurásico-Cretáceo temprano coincide con cambios considerables en la región occidental de la Cordillera Central (ESTRADA, 1972). El Complejo Quebradagrande con sus vulcanitas intercaladas y la Formación Abejorral son diferentes en cuanto a sus características litológicas y áreas fuentes, pero fueron depositados sincrónicamente durante el Cretáceo temprano en marcos tectónicos diferentes: probablemente un arco volcánico oceánico inmaduro y una plataforma continental respectivamente. En la Cordillera Occidental se emplazan rocas máficas (Formación Barroso). Las unidades litológicas presentes al occidente de la Cordillera Central y sobre su flanco occidental representan un ambiente oceánico que contrasta con el continental situado hacia el Este y cuyo límite correspondería con la manifestación más oriental (Falla de San Jerónimo) del sistema de Falla Cauca-Romeral (antigua sutura de tipo cabalgamiento?), (TOUSSAINT y RESTREPO, 1988).

Las rocas metamórficas de media-alta presión del Complejo Arquía de edad cretácica estarían relacionados con el emplazamiento tectónico por obducción (RESTREPO, *et al.*, 1989) de ofiolitas, como las de Pácora y Filadelfia, remanentes de corteza oceánica generadas en un centro de expansión oceánica; durante este emplazamiento las diversas unidades ofiolíticas fueron fragmentadas y metamorfizadas y sufrieron mezcla estructural con la secuencia de arco volcánico del Complejo Quebradagrande (ALVAREZ, 1987). En la parte norte de la Cordillera Occidental las rocas máficas de la Formación Barroso se encuentran suprayacidas por los sedimentos tipo "flysh" del Miembro Urrao de la Formación Penderisco del Cretáceo tardío.

Durante el Cretáceo tardío-Paleógeno se produce un nuevo cinturón magmático de composición intermedia con el emplazamiento de los stocks de Manizales e Irra en el flanco occidental y de los stocks de Samaná, Florencia y El Hatillo en el flanco oriental de la Cordillera Central. El fallamiento de rumbo de Cauca-Romeral y Palestina se produce durante el Cretáceo tardío-Cenozoico.

En el Neógeno se depositan ente las cordillera Central y Occidental las formaciones continentales Amagá y Combia en cuencas de tracción producidas por el sistema de fallas de rumbo Cauca-Romeral.

En este mismo período en la fosa del Magdalena, entre las cordilleras Central y Oriental, se depositan sedimentos continentales del Grupo Honda y la Formación Mesa con influencia del vulcanismo andino. Además varios niveles de la Formación Mesa presentan características texturales propias de flujos de lodo.

A finales del Neógeno se intruyen cuerpos hipoabisales porfíricos de composición predominante andesítica y localmente algunos dacíticos a los cuales

se encuentran relacionadas las mineralizaciones de Au-Ag importantes. La edad de estos cuerpos varía de  $7,3 \pm 0,2$  m.a. en la zona del Cauca a  $3,5 \pm 0,2$  en el flanco oriental de la Cordillera Central.

Después de la glaciación pleistocénica se presenta un nuevo período de reactivación volcánica inicialmente efusiva y que se torna explosiva; la presencia de capas piroclásticas que fosilizan perfiles de suelo, indica que el vulcanismo continuó hasta épocas recientes con manifestaciones actuales en la actividad del Volcán Nevado del Ruiz, que produjo tefras y grandes flujos de lodo volcánico (THOURET, *et al.*, 1985 a.b). Las variaciones tectónicas y climáticas contribuyeron a la formación de los aluviones que hoy rellenan los valles de ríos y quebradas. La intensa erosión fue acelerada por el levantamiento regional a través del Cuaternario y actualmente por la actividad humana que ha contribuido a dar al área su configuración actual.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, E., y GONZALEZ, H., 1978.- *Geología del Cuadrángulo I-7 Urrao*. Ingeominas. Informe 1761. Bogotá.
- ALVAREZ, J., 1983.- *Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y Petroquímica de los intrusivos granitoides Meso-cenozoicos*. Ingeominas., Bol. Geol. 26 (2):1-175. Bogotá
- \_\_\_\_\_, 1987.- *Geología del Complejo Ofiolítico de Pácora y secuencias relacionadas de Arco de Islas (Grupo Quebradagrande) Colombia*. Ingeominas. Informe 2027: 1-81. Bogotá.
- BARRERO, D. y VESGA, C.J., 1976.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 - Armero y parte Sur del J-9 - La Dorada, Escala 1:100.000*. Ingeominas. Bogotá.
- BOTERO, G., 1963.- *Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia*. An. Fac. Minas. Univ. Nal. Medellín 57: 1-101.
- BOTERO, G. y GONZALEZ, H., 1983.- *Algunas localidades fosilíferas Cretáceas de la Cordillera Central, Antioquia y Caldas, Colombia*. Geol. Norandina 7: 15-28 Bogotá.
- BOTERO, G., *et al.*, 1971.- *Yacimiento fosilífero de Arma*. Pub. Esp. Geol. Univ. Nal., Medellín, 1:1-13.
- BÜRGL, H., RADELLI, L., 1962.- *Nuevas localidades fosilíferas en la Cordillera Central de Colombia*. Geol. Col. Univ. Nal. Bogotá 3: 133-138.
- CABALLERO, H. y ZAPATA, G., 1983.- *Mapa Geológico preliminar de la Plancha 224, Pereira. Escala 1:100.000*. Ingeominas. Bogotá.
- CALLE, B., *et al.*, 1980a.- *Mapa Geológico preliminar de la Plancha 186 - Riosucio. Escala 1:100.000*. Ingeominas. Bogotá.

- \_\_\_\_\_, 1980b.- *Mapa Geológico preliminar de la Plancha 166 Jericó. Escala 1:100.000.* Ingeominas. Bogotá.
- CALLE, B. y GONZALEZ, H., 1982.- *Geología y Geoquímica de la Plancha 186 - Riosucio.* Ingeominas. Informe 1878: 1-173, Bogotá.
- CHEC, 1983.- *Investigación Geotérmica, Macizo Volcánico del Ruiz.* Vol. 1-5, Manizales.
- DANE, 1986.- *Colombia Censo 85.* Vol. 1. Editorial Printer Colombiana Ltda., 481 p. Bogotá.
- DE PORTA, S., 1965.- *La estratigrafía del Cretaceo Superior y Terciario en el extremo sur del Valle Medio del Magdalena.* Bol. Geol. Univ. Ind. Santander 19: 5-30. Bucaramanga.
- \_\_\_\_\_, 1966.- *La Geología del Extremo del Valle Medio del Magdalena.* Bol. Geol. Univ. Ind. Santander 22: 1-347. Bucaramanga.
- \_\_\_\_\_, 1974.- *Colombie (deuxieme partie) lexique Stratigraphique International.* V. 46: 1-689. Centre Nat. Rech. Sci. Paris.
- DUEÑAS, H., CASTRO, G., 1981.- *Asociación palinológica de la Formación Mesa en la región de Falan, Tolima, Colombia.* Geol. Norandina 3: 27-36. Bogotá.
- ESTRADA, A., 1972.- *Geology and plate tectonic history of the Colombian Andes.* M.Sc. thesis Stanford University, Stanford, California, 116 p.
- ESTRADA, J. J. y VIANA, R., 1993.- *Mapa Geológico preliminar de la Plancha 205. Chinchiná.* En preparación.
- ETAYO-SERNA, F., 1985.- *Documentación paleontológica del infracretácico de San Félix y Valle Alto, Cordillera Central.* En: *Proyecto Cretácico Contribuciones editadas por Etayo-Serna y Laverde.* Ingeominas. Publ. Geol. Esp. 16: XXV-1-7. Bogotá.
- FEININGER, Th., et al., 1970.- *Mapa Geológico del Oriente del Departamento de Antioquia.* Escala 1:100.000. Ingeominas, Bogotá.
- FEININGER, Th., 1970.- *The Palestina fault.* Geol. Soc. Am. Bull. 81 (4) 1201-1216.
- FEININGER, T., BARRERO, D., CASTRO, N., 1972.- *Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Subzona II-B).* Bol. Geol. 20 (2): 1-173. Bogotá.
- FLORES, A., 1986.- *Geomorphology of Manizales-Chinchiná area, Cordillera Central, Colombia.* Thesis Ph.D., University of Amsterdam, Faculty of Mathematics and Natural Science, 158p.
- GOBERNACION DE CALDAS., 1987.- *Atlas de Caldas.* Imp. Deptal. Manizales: 380 p.
- GONZALEZ, H., 1976.- *Geología del Cuadrángulo J-8 Sonsón.* Informe 1704. Ingeominas. 461 p. Bogotá.

- \_\_\_\_\_, 1980.- *Geología de las Planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina)*. Bol. Geol. Ingeominas. 23 (1): 1-174. Bogotá.
- \_\_\_\_\_, 1989.- *Análisis de la nomenclatura estratigráfica de las rocas metamórficas (Litodema A.) al este del límite oriental de la zona de Falla de Romeral, Cordillera Central, Colombia*. Informe interno Ingeominas. Medellín, 21 p.
- GONZALEZ, H., LEMOIGNE, I., MARTINEZ, J., 1977.- *Flora de la Formación Valle Alto - Jurásico de la Cordillera Central de Colombia*. Bol. Ciencias de la Tierra, Univ. Nal. 2:107-122 Medellín.
- GONZALEZ, H., AGUDELO, S., CALLE, B., 1980a.- *Mapa geológico de la Plancha 187 Salamina, Escala 1:100.000*. Ingeominas, Bogotá.
- \_\_\_\_\_, 1980b.- *Mapa geológico de la Plancha 167 (Sonsón), Escala 1:100.000*. Ingeominas, Bogotá.
- HERD, H., 1974.- *Glacial and volcanic geology of the Ruiz-Tolima volcanic complex Cordillera Central, Colombia*. Seattle Univ. Washington (Ph.D. Dissert), 78 p.
- HUBER, K., 1982.- *Geologie der Jurassischen Valle Alto Formation in the Zentral Kordillera Kolumbiens*. Arb. Inst. Geol. Paleont. Univ. Stuttgart, NF-77SI-74, 20Abb.
- IGAC, 1977.- *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia*. Bogotá, 283 p.
- \_\_\_\_\_, 1980.- *Diccionario geográfico de Colombia, Tomo I*. 893 p., Bogotá.
- \_\_\_\_\_, 1985.- *Mapa del Departamento de Caldas, escala 1:250.000*. Bogotá.
- INGEOMINAS., 1985.- *Mapa de riesgos volcánicos del Volcán Nevado del Ruiz. Escala 1:100.000*. Con memoria explicativa. 24 p. Bogotá.
- JAMES, M. E., 1984.- *Estudio sismotectónico en el área del Viejo Caldas*. Ingeominas. Informe 2008:1-113 Bogotá.
- JAMES, M. E., ARIAS, A., MEJIA, M., 1990.- *Tectónica y análisis microsísmico de la ladera occidental de la Cordillera Central entre Chinchiná y Aguadas (Caldas)*. I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental (Medellín). 22p.
- JARAMILLO, J. M., 1978.- *Determinación de las edades de algunas rocas de la Cordillera Central de Colombia, por el método de huellas de fisión*. II Congreso Colombiano de Geología, Bogotá (Resumen).
- \_\_\_\_\_, 1980.- *Petrology and geochemistry of the Nevado the Ruiz volcano, Colombia. Northern Andes*. Ph.D. Thesis. University of Houston, (Houston), 167 p.
- KASSEM, T., 1972.- *Mapa fotogeológico de los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. Escala 1:250.000*. Ingeominas. Bogotá.
- LEMOIGNE, I., 1984.- *Donne nouvelles sur la paleoflore de Colombie Flore Jurassique de la Formación Valle Alto (Cordillera Central)*. Geobios, 17(6): 667-690. Lyon.

- \_\_\_\_\_, 1980.- *Geología de las Planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina)*. Bol. Geol. Ingeominas. 23 (1): 1-174. Bogotá.
- \_\_\_\_\_, 1989.- *Análisis de la nomenclatura estratigráfica de las rocas metamórficas (LitodemaA.) al este del límite oriental de la zona de Falla de Romeral, Cordillera Central, Colombia*. Informe interno Ingeominas. Medellín, 21 p.
- GONZALEZ, H., LEMOIGNE, I., MARTINEZ, J., 1977.- *Flora de la Formación Valle Alto - Jurásico de la Cordillera Central de Colombia*. Bol. Ciencias de la Tierra, Univ. Nal. 2:107-122 Medellín.
- GONZALEZ, H., AGUDELO, S., CALLE, B., 1980a.- *Mapa geológico de la Plancha 187 Salamina, Escala 1:100.000*. Ingeominas, Bogotá.
- \_\_\_\_\_, 1980b.- *Mapa geológico de la Plancha 167 (Sonsón), Escala 1:100.000*. Ingeominas, Bogotá.
- HERD, H., 1974.- *Glacial and volcanic geology of the Ruiz-Tolima volcanic complex Cordillera Central, Colombia*. Seattle Univ. Washington (Ph.D. Dissert), 78 p.
- HUBER, K., 1982.- *Geologie der Jurassischen Valle Alto Formation in the Zentral Kordillera* <Kolumbiens. Arb. Inst. Geol. Paleont. Univ. Stuttgart, NF-77SI-74, 20Abb.
- IGAC, 1977.- *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia*. Bogotá, 283 p.
- \_\_\_\_\_, 1980.- *Diccionario geográfico de Colombia, Tomo I*. 893 p., Bogotá.
- \_\_\_\_\_, 1985.- *Mapa del Departamento de Caldas, escala 1:250.000*. Bogotá.
- INGEOMINAS., 1985.- *Mapa de riesgos volcánicos del Volcán Nevado del Ruiz. Escala 1:100.000*. Con memoria explicativa. 24 p. Bogotá.
- JAMES, M. E., 1984.- *Estudio sismotectónico en el área del Viejo Caldas*. Ingeominas. Informe 2008:1-113 Bogotá.
- JAMES, M. E., ARIAS, A., MEJIA, M., 1990.- *Tectónica y análisis microsísmico de la ladera occidental de la Cordillera Central entre Chinchiná y Aguadas (Caldas)*. I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental (Medellín). 22p.
- JARAMILLO, J. M., 1978.- *Determinación de las edades de algunas rocas de la Cordillera Central de Colombia, por el método de huellas de fisión*. II Congreso Colombiano de Geología, Bogotá (Resumen).
- \_\_\_\_\_, 1980.- *Petrology and geochemistry of the Nevado the Ruiz volcano, Colombia. Northern Andes*. Ph.D. Thesis. University of Houston, (Houston), 167 p.
- KASSEM, T., 1972.- *Mapa fotogeológico de los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío*. Escala 1:250.000. Ingeominas. Bogotá.
- LEMOIGNE, I., 1984.- *Donne nouvelles sur la paleoflore de Colombie Flore Jurassique de la Formación Valle Alto (Cordillera Central)*. Geobios, 17(6): 667-690. Lyon.

- RESTREPO, V., 1884.- *Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia*. Escuela Nal. de Minas, Anales 43: 1-314. Medellín.
- RODRIGUEZ, C., ROJAS, R., 1985.- *Estratigrafía y tectónica de la serie infracretácica en los alrededores de San Félix. Cordillera Central de Colombia* En: *Proyecto Cretácico. Contribuciones editadas por Etayo-Serna y Laverde*. Ingeominas. Pub. Esp. Geol. Esp. 16. XXI 1-21. Bogotá.
- THOURET, J.C., 1984.- *Observations Géomorphologiques Préliminaires Sur Quelques Relief Vulcaniques des Andes de Colombie*. Géomorphologie, Exemples Sudamericanins. Trav. et Doc. du CEGET-ONRS. 52.
- THOURET, J.C., et al., 1985a.- *Cronoestratigrafía Mediante Dataciones K-Ar y C-14 de los Volcanes Compuestos del Complejo Ruiz - Tolima y Aspectos Estructurales del Nevado del Ruiz, Cordillera Central de Colombia*. VI Cong. Latin. Geol. (Bogotá); 387-454.
- \_\_\_\_\_, 1985b.- *Aspectos Volcano-estructurales y Dinamismo Eruptivo de los Volcanes Cerro Bravo y Nevado del Tolima. Cordillera Central de Colombia*. VI Congreso. Latin. Geol. (Bogotá), 13 p.
- TOUSSAINT, J.F., RESTREPO J.J., 1976.- *Modelos Orogénicos de Tectónica de Placas en los Andes Colombianos*. Bol. Ciencias de la Tierra, Univ. Nal. Medellín. 1: 1-47.
- \_\_\_\_\_, 1988.- *Son Alóctonos los Andes Colombianos?*. Revista del I.C.N.E. Univ. Nal. Medellín 1(1): 17-41.
- VALENCIA, M. E. 1988.- *Geotectónica regional del Antiguo Caldas con énfasis en la aplicación a la ingeniería sísmica*. Univ. Andes. Fac. Ingeniería. 54 p., Anexos, Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, 1957.- *Climatic Periodicity and Evolution of South American Maestrichtian and Tertiary Floras*. Bol. Geol. 5(2): 1-43. Bogotá.
- \_\_\_\_\_, 1958.- *Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continental y Tectogénesis de los Andes Colombianos*. Bol. Geol. 6 (1-3): 67-128. Bogotá.
- VESGA, J., BARRERO, D., 1978.- *Edades K/Ar en rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su implicación geológica*. II Cong. Col. Geol. Bogotá. (Resumen).
- WELLMAN, S. S., 1970.- *Stratigraphy and petrology of the non marine Honda Group (Miocene) Upper Magdalena Valley Colombia*. Geol. Soc. Am. Bull. 81(8): 2353-2374.

