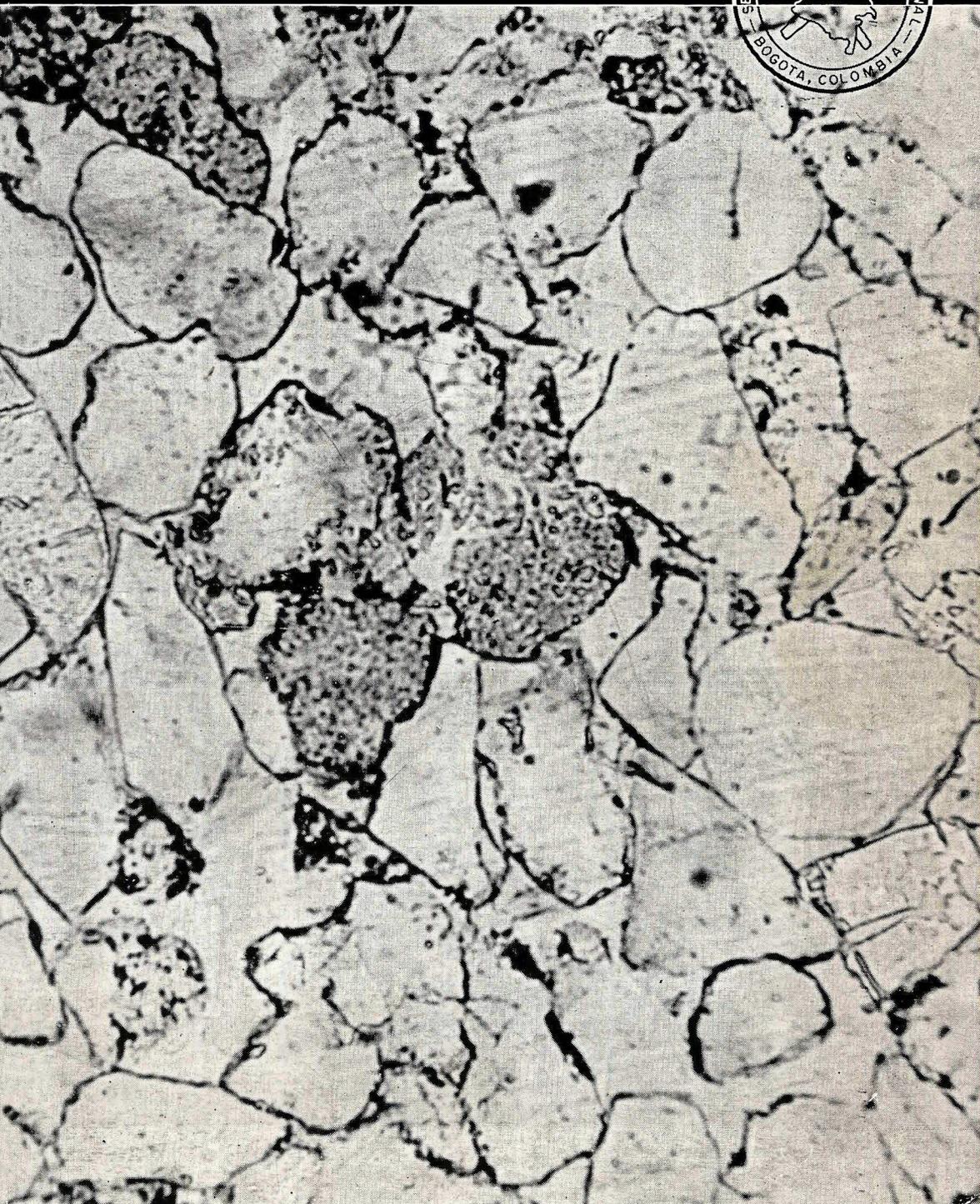


BOLETIN GEOLOGICO

Vol. XVI Nos. 1-3, 1968



REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

BOLETIN GEOLOGICO

VOLUMEN XVI ENERO - DICIEMBRE 1968 Nos. 1 - 3

INDICE GENERAL:

	Páginas
CEDIEL, FABIO. — El Grupo Girón, una Molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental	5-96
FEININGER, TOMÁS y GÓMEZ M., HERNÁN. — La Caverna del Nus, Departamento de Antioquia	97-111
WOKITTEL, ROBERT. — Colombia en la Minería Latinoamericana ...	113-160 ✓
Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica. — Código de Nomenclatura Estratigráfica	161-217

La dirección de este Boletín está adscrita al Director del Servicio Geológico Nacional, Andrés Jimeno V. La responsabilidad de los conceptos emitidos corresponde exclusivamente a sus autores. La edición estuvo a cargo de Dabeyba Giraldo de Cuervo.

EL GRUPO GIRON
UNA MOLASA MESOZOICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL

POR
FABIO CEDIÉL *

* Dirección del autor: Dr. rer. nat. Fabio Cediél, Geól. Dipl.
Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geología. Bogotá.

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, D. E. 1968

CONTENIDO:

	Páginas
PROLOGO	11
Resumen	11
Abstract	12
Zusammenfassung - Résumé	13
INTRODUCCION	15
A - REVISION DE LA LITERATURA EXISTENTE	15
B - EXPOSICION DEL PROBLEMA Y METODO DE TRABAJO.	20
C - SITUACION GEOLOGICA	22
LA SECCION TIPO DEL GRUPO GIRON	25
A - DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA	25
1. Generalidades	25
2. Sucesión litológica	25
3. Las estructuras sedimentarias	29
B - PETROGRAFIA	31
1. Las areniscas	31
a) Descripción macroscópica	31
b) Examen microscópico	31
1. Textura	33
2. Composición mineralógica	35
3. Cemento	38
4. Clasificación	39
5. Interpretación de los resultados	41
2. Las arcillolitas y limolitas (lutitas rojas, red beds)	45
a) Descripción macroscópica	45

	Páginas
b) Examen microscópico	46
1. Textura	46
2. Composición mineralógica	46
3. Clasificación	46
4. Interpretación de los resultados	48
C - CONTENIDO FOSIL Y FACIES	49
1. Contenido fósil	49
2. Facies	50
a) Sedimentos fluviátiles	50
b) Sedimentos limno-fluviátiles	52
c) Sedimentos marinos	53
D - DIVISION ESTRATIGRAFICA Y EDADES	54
LOS SEDIMENTOS PRE-GIRON	61
A - GENERALIDADES	61
B - LA FORMACION BOCAS	63
1. Contenido fósil y edades	64
2. Facies	66
C - LA FORMACION JORDAN	66
1. Localidad tipo	66
2. Sucesión litológica	67
3. Rocas volcánicas asociadas	67
4. Extensión regional y facies	69
DESARROLLO SEDIMENTOLOGICO	71
A - GEOMETRIA DE LA CUENCA (o de las areniscas del Girón)	71
B - ORGANIZACION INTERNA Y DISTRIBUCION DE FACIES.	76
C - TECTO-SEDIMENTOLOGIA	81
COMPARACION REGIONAL	85
A - PARAMO LA RUSIA	85
B - PARAMO DE SUMAPAZ (Macizo de Quetame)	85
C - LA FORMACION LA QUINTA	88
BIBLIOGRAFÍA	89

I L U S T R A C I O N E S

FIGURAS	Páginas
Fig. 1. Columnas estratigráficas levantadas hasta el presente en el río Lebrija	17
Fig. 2. Esquema de las áreas ocupadas principalmente por rocas de las Formaciones Girón y La Quinta	19
Fig. 3. Localización del área de trabajo	21
Fig. 4. Estereograma en el flanco occidental del Macizo de Santander	23
Fig. 5. Esquema geológico de la localidad tipo del Grupo Girón	26
Fig. 6. Columna estratigráfica tipo del Grupo Girón	29
Fig. 7. Tamaño y grado de redondez de 19 muestras de las areniscas del Grupo Girón	32
Fig. 8. Composición mineralógica de las areniscas del Grupo Girón.	36
Fig. 9. Denominación de las areniscas del Grupo Girón. Clasificación	40
Fig. 10. Situación geológica del conglomerado rojo de la Formación Girón	59
Fig. 11. Columna estratigráfica en "El Boquerón"	60
Fig. 12. Posición discordante de los estratos basales de la Formación Girón sobre el Paleozoico	62
Fig. 13. Columna estratigráfica en la localidad tipo de las Formaciones Jordán y Los Santos	67
Fig. 14. Corte W-E al occidente del Macizo de Santander	72
Fig. 15. Posición del conglomerado basal de la Formación Los Santos y del conglomerado rojo de la Formación Girón	73
Fig. 16. Modelos de facies (subfacies) aluviales, según Allen (1965)	77
Fig. 17. Área de sedimentación de la Formación Girón al W del Macizo de Santander	78
Fig. 18. Las Formaciones del Paleozoico superior y Mesozoico inferior en la Cordillera Oriental de Colombia y en la Cordillera de Mérida, Venezuela	87

TABLAS		Páginas
Tab. 1.	Edad de las Formaciones Girón y La Quinta, según diversos autores	16
Tab. 2.	Composición mineralógica de 19 muestras de areniscas del Grupo Girón	34
Tab. 3.	Clasificación de los sedimentos rojos	47
Tab. 4.	Edad de la flora fósil de las Formaciones Bocas, Girón y Montebel, según J. H. Langenheim (1961)	55
Tab. 5.	Edad relativa del Grupo Girón	56
LAMINAS		
Lám. I.	Microfotografías de areniscas y sedimentos rojos	96
Lám. Ia.	Algunas estructuras sedimentarias y conglomerados	96
Lám. II.	Esquema geológico del Pre-Cretáceo al oeste del Macizo de Santander	96
Lám. III.	Esquema geológico del Paleozoico al norte de Bucaramanga.	96

P R O L O G O

Los sedimentos mesozoicos pre-cretáceos de la Cordillera Oriental de Colombia continúan siendo motivo de controversia; pocos geólogos se han ocupado, brevemente, de ellos y siempre con resultados contradictorios. Esta situación confusa y desorientada constituía un desafío en el conocimiento geológico del país. La presente contribución, sin ser un estudio regional exhaustivo, intenta concretar conocimientos básicos respecto de este intervalo geológico. Los resultados de este estudio se exponen como medio y tesis de trabajo para investigaciones futuras.

Agradezco profundamente la asistencia científica que me prestaron los señores Prof. Dr. O. F. Geyer, quien visitó personalmente la región estudiada, Prof. Dr. H. Aldinger, Dr. K. Walenta y Dr. A. Okrajec, miembros del Instituto Geológico-Paleontológico y del Instituto de Mineralogía de la Universidad de Stuttgart (Alemania Occidental). Este estudio fue presentado ante la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Stuttgart como tesis doctoral (Dr. rer. nat.) y se publica con la debida autorización.

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos al señor Director Ing. Geól. Darío Suescún Gómez (Inventario Minero Nacional) por su interés y apoyo en la realización de este trabajo y al entonces Geólogo Jefe de la Zona IV (Bucaramanga) del Inventario Minero, Ing. Geól. Eduardo Gómez Reyes por la ayuda técnica que me permitió realizar el trabajo de campo durante nueve meses.

R E S U M E N

En su localidad tipo (río Lebrija, Cordillera Oriental de Colombia), el Grupo Girón está compuesto por una serie de areniscas e intercalaciones periódicas de lutitas rojas (red beds), de una potencia total aproximada de 4.840 m. La columna estratigráfica tipo se puede dividir litológicamente en dos formaciones: 1) La Formación Girón (\pm 4.650 m.), de edad triásica-jurásica, y 2) La Formación Los Santos (\pm 190 m.), que cubre concordantemente la primera y probablemente pertenece al Berriasiano.

La Formación Girón está constituida por subgrauwacas y lutitas rojas depositadas en un ambiente fluviátil o limno-fluviátil principalmente. La Formación Los Santos, un depósito marino de protocarcitas, contiene intercalaciones ocasionales de red beds y, o shales oscuros. El Grupo Girón cubre discordantemente sedimentos marinos del Devoniano, Carboniano y Permiano (Formaciones Bocas y Jordán); localmente reposa directamente sobre rocas cristalinas.

Este grupo representa una molasa típica post-variscica, transportada en dirección predominante E-W y formada por cuatro megaciclotemas depositados en una cuenca orientada N-S; en el W se interdigita con sedimentos marinos triásico-jurásicos del geosinclinal andino (Cordillera Central).

La Formación Jordán (Permiano?), una unidad estratigráfica nueva, está compuesta por limolitas y areniscas finas, rojas; contiene tobas ácidas soldadas y rocas volcánicas intermedias-básicas. La Formación Jordán se reconoció en el W y S del Macizo de Santander, como también en la Serranía de Perijá, Sierra Nevada de Santa Marta y Macizo de Quetame.

La molasa de Girón aflora en diferentes regiones del flanco W de la Cordillera Oriental de Colombia y se conoce también en la Cordillera de Mérida, Venezuela, bajo la denominación de Formación La Quinta.

A B S T R A C T

At the type locality on Río Lebrija in the Cordillera Oriental of Colombia, the Girón Group is composed of a series of sandstones and periodic intercalations of red lutites (red beds); it is approximately 4.840 m thick.

The type section can be divided lithologically into two formations: 1) The Girón Formation (± 4.690 m), of Triassic-Jurassic age and 2) The Los Santos Formation (± 190 m), which conformably overlies the Girón and is probably of Berriasian age.

The Girón Formation is composed of subgraywackes and red lutites which were deposited principally in a fluvial or limnic-fluvial environment.

The Los Santos Formation is a marine deposit of protoquarcites with occasional intercalations of red beds or dark shales. The Girón Group disconformably overlies marine sediments of Devonian, Carboniferous and Permian age (Bocas and Jordán Formations), except locally where it rests directly on igneous or metamorphic rocks. The Girón Group represents a typical molasse of post-Variscan age, that was transported predominantly from E to W. The Group consists of four megacyclothemata that were deposited in a basin elongated north-south. In the W these sediments interfinger with marine sediments of Triassic-Jurassic age belonging to the Andean Geosyncline (Cordillera Central).

The Jordán Formation (Permian?), a new stratigraphic unit, consists of red siltstones and fine-grained sandstones; it contains acid welded tuffs and volcanic rocks of intermediate to basic composition. The Jordán Formation is recognized W and S of the Santander massif, and also in the Serranía de Perijá, the Sierra Nevada de Santa Marta and the Quetame massif.

The molasse of the Girón crops out in different regions along the W flank of the Cordillera Oriental in Colombia and it is also known in the Cordillera de Mérida in Venezuela under the name, La Quinta Formation.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Girón-Gruppe besteht an ihrer Typus-Lokalität (Río Lebrija, Ostkordillere Kolumbiens) aus ca. 4840 m mächtigen Sandsteinen mit periodisch eingeschalteten roten Lutiten (Redbeds).

Das Typus-Profil lässt sich lithologisch in zwei Formationen gliedern: 1) Die Girón-Formation (ca. 4.650 m) triassisch-jurassischen Alters, und 2) Die konkordant darüber liegende Los Santos Formation (ca. 190 m), welche wahrscheinlich in das Berriasien zu stellen ist. Die Girón-Formation wird von Subgrauwacken und Redbeds aufgebaut welche in fluviatilem-limnofluviatilem Milieu abgelagert wurden. Die marine Los Santos-Formation besteht aus Protoquarziten mit gelegentlich eingeschalteten Redbeds und/oder dunklen Schiefer-tonen.

Die Girón-Gruppe liegt diskordant über devon-karbon-permischen (Bocas und Jordán-Formation) Sedimenten. Stellenweise überlagert sie auch kristalline Gesteine. Sie stellt eine typische, aus vier Megacyclothemen bestehende Molasse dar, welche post-variscisch von E her in einen N-Sstreichenden Trog sedimentiert wurde. In W verzahnt sich diese Molasse mit marinen triassisch-jurassischen Sedimenten des mesozoischen "geosinclinal andino" (Zentral Kordillere).

Die Jordán-Formation, eine hier neuen aufgestellten stratigraphische Einheit (Perm?) besteht hauptsächlich aus silt bzw., Sandsteinen und führt saure Schmelztuffe und intermediäre bis basische Ergussgesteine. Die Jordán-Formation wurde W und S des Santander-Massivs sowie in den Sierra de Perijá, Sierra de Santa Marta und Quetame-Maziv nachgewiesen.

Die Girón-Molasse streicht in verschiedenen Gebieten an der W-Flanke der Ostkordillere Kolumbiens aus und ist auch von der Cordillera de Mérida in Venezuela bekannt, wo sie La Quinta-Formation genannt wird.

R É S U M É

Dans la localité type (Río Lebrija, Cordillera Oriental de la Colombie) le Groupe Girón est composé par une série de sables avec d'intercalations périodiques de pélites rouges (red beds), d'une épaisseur approximative de 4.840 m.

La colonne stratigraphique type peut se diviser lithologiquement en deux formations: 1) La Formation Girón (± 4.650 m.), triasique-jurassique, et 2) La Formation Los Santos (± 190 m), qui enveloppe concordamment la première et probablement appartient au Berriasien.

La Formation Girón est constituée par des subgrauwacke et pélites rouges déposées principalement dans un ambient fluvial ou limno-fluvial. La Formation Los Santos, un dépôt marin de protoquartzite, contient intercalations occasionnelles de red beds ou des shales obscurs. Le Groupe Girón couvre discordamment des sédiments marins du Dévonien, Carbonien et Permien (Formations Bocas et Jordán); localement il repose directement sur des roches cristallines.

Ce Groupe représente une molasse typique, post-variscique, emmenée principalement vers E-W et formée par quatre mégacyclothèmes déposés dans un

bassin orienté N-S; dans le W s'interdigite avec des sédiments marins triasique-jurassique du géosinclinal des Andes (Cordillera Central).

La Formation Jordán (Permien?), une nouvelle unité stratigraphique, est composée de siltstones et de sables fins, rouges; contient des tufs soudés acides et des roches volcaniques intermédiaires-basiques. La Formation Jordán a été reconnue dans le W et le S du massif de Santander, ainsi que dans la Sierra de Perijá, Sierra Nevada de Santa Marta et massif de Quetame.

La molasse de Girón affleure en différentes régions du flanc W de la Cordillera Oriental de la Colombie et elle est connue aussi dans la Cordillera de Mérida, Venezuela, sous le nom de Formation La Quinta.

INTRODUCCION

A) REVISION DE LA LITERATURA EXISTENTE

(ver Tabla 1)

Ya desde las primeras descripciones geológicas de la region andina noreste (KARSTEN 1856), se colige que la Cordillera Oriental de Colombia y la Cordillera de Mérida, Venezuela (Fig. 2) están compuestas principalmente por sedimentos cretáceos. Las observaciones de SIEVERS (1888) sobre el Cretáceo inferior de Venezuela fueron más tarde confirmadas en Colombia por HETTNER (1892 : 15) : “En las cercanías de Girón y Zapatoca, y en otras localidades se encuentra debajo de Cretáceo fosilífero y particularmente en las proximidades de granito, neis y pórfidos una arenisca arcillosa roja, parcialmente blanca o manchada de verde, junto con arcillas laminadas [shale] de color violeta-marrón y calizas rojas, que conjuntamente queremos denominar Estratos de Girón. Es la misma arenisca rojo-amarilla que Karsten menciona como desarrollo especial del Neocomiano y que yo también, aunque faltan fósiles, considero como un desarrollo facial de la parte basal del Cretáceo inferior causado por la vecindad inmediata de las rocas cristalinas. También Sievers ve en él el miembro más inferior del Cretáceo en la Cordillera de Mérida, donde parece ser muy frecuente”.

Los trabajos posteriores, de STAPPENBECK (1927), LIDDLE (1928), SCHUCHERT (1935), OPPENHEIM (1937), KEHRER (1937) y SCHEIBE (1938), no presentan avances esenciales en el conocimiento de los “Estratos de Girón” (también llamados Conglomerado de Lagunillas, Serie de Lomita, Old Red Series, etc. en Venezuela), que continúan siendo considerados como la parte basal del Cretáceo.

Es KÜNDIG (1938) quien primero describe estas rocas en Venezuela; él logra también los primeros fósiles (restos de peces) y le asigna a la desde entonces llamada Formación La Quinta, una edad jura-triásica. Aún hoy tiene validez en Venezuela la asignación stratigráfica de Kündig y viene siendo confirmada indirectamente por trabajos más nuevos (ver p. e.: SUTTON 1946, ARNOLD 1966).

FORMACION GIRON (Santander, Colombia)		FORMACION LA QUINTA (Táchira, Venezuela)	
CRETACEO INFERIOR	KARSTEN 1856		SIEVERS 1888
	HETTNER 1892 (+)	STAPPENBECK 1927	LIDDLE 1928
		SCHUCHERT 1935	OPPENHEIM 1937
	SCHEIBE 1938		KEHRER 1937
TRIASICO JURASICO	OPPENHEIM 1940		KUNDIG 1938(+)
	DICKEY 1941	HEDBERG 1942	
	TRÜMPY 1943		
CARBONIANO - JURASICO	BRÜCKNER 1954		SUTTON 1946
	GERTH 1955		
	OLSSON 1956		
	HUBACH 1957		
	JULIVERT 1958		
	LANGENHEIM 1959-61		
	NAVAS 1963		
	BÜRGL 1964		ARNOLD 1966

Tab.1

La edad de las formaciones Girón y la Quinta, según diversos autores.

(+) Autor del nombre de la formación.

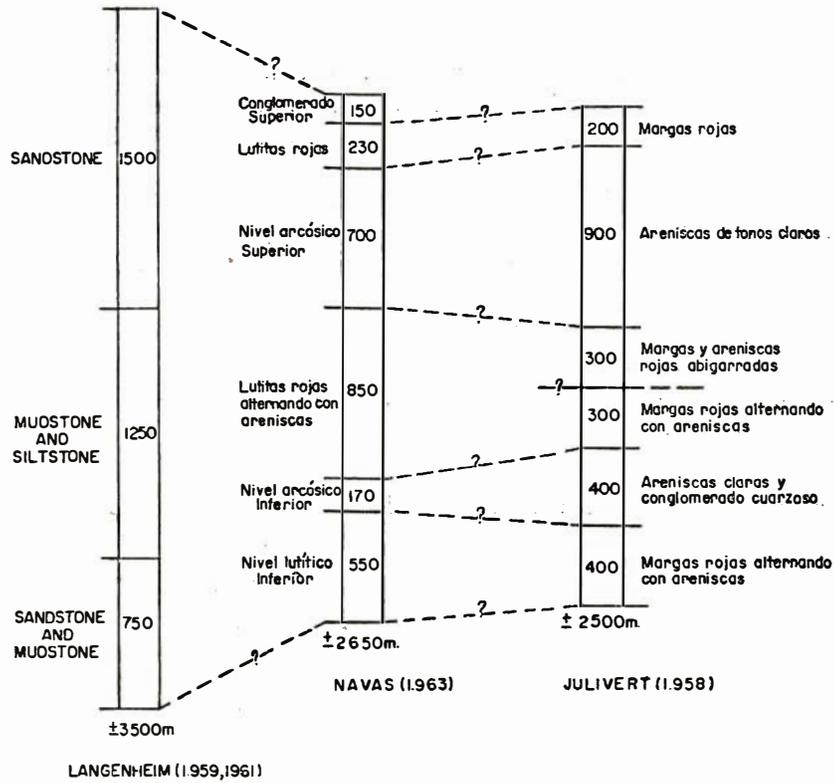


Fig. 1.— Columnas estratigráficas levantadas hasta el presente en el río Lebrija

En Colombia entonces se habló de los estratos de Girón como equivalentes de la Formación La Quinta (OPPENHEIM 1940, DICKEY 1941, HEDBERG 1942, TRÜMPY 1943) asignándoseles también una edad triásica-jurásica sin que éstos hubieran sido objeto de nuevos estudios. En la literatura geológica de Colombia y Venezuela se encuentra frecuentemente la denominación Formación Girón-La Quinta. Una corta nota de BRÜCKNER (1954) sobre el hallazgo de restos de plantas y ostracodos considerados como pertenecientes al Paleozoico (ver pág. 57) trae dudas acerca de la edad de la Formación Girón. Unos autores les dan poca importancia a los fósiles de Brückner, otros simplemente los ignoran (GERTH 1956, OLSSON 1956, HUBACH 1957, JULIVERT 1958). J. H. LANGENHEIM (1959, 1961) y R. L. LANGENHEIM (1959) siguen las indicaciones de BRÜCKNER (1954 : 113) y apoyándose en el estudio de nuevas colecciones de restos de plantas fósiles, le asignan a la mitad inferior de la Formación Girón una edad pensilvaniana. NAVAS (1963) no se manifiesta concretamente sobre la edad de la Formación Girón, contradice parcialmente los resultados de los trabajos de R. L. LANGENHEIM (1959) y describe de nuevo la localidad tipo.

Finalmente BÜRGL (1964) en una revisión general del "Jura-Triásico" en Colombia, diferencia, basado en los estudios de J. H. y R. L. Langenheim, dos unidades cronoestratigráficas:

- Neogirón = Liásico medio a superior.
- Paleogirón = Pensilvaniano superior.

Aunque BÜRGL (1964) no lo expresa claramente, podría asumirse que en algunas partes de la Cordillera Oriental se manifiesta un hiato o que por alguna razón demostrada faltan rocas del Permo-Triásico.

A excepción de BRÜCKNER (1954), J. H. LANGENHEIM (1959-1961), R. L. LANGENHEIM (1959) y NAVAS (1963), todos los otros autores citados mencionan la Formación Girón solamente al margen de estudios geológicos enfocados a otros problemas.

JULIVERT (1958) intenta por primera vez describir estratigráficamente la Formación Girón; este autor (1958 : 10) formula sus observaciones con poca seguridad, pero pueden resumirse en la columna de la Fig. 1. Tal como puede reconocerse fácilmente, esta columna constituye la base de la estratigrafía del Girón en la columna dibujada por NAVAS (1963). R. L. LANGENHEIM (1959) paraleliza su columna del río Lebrija con otra levantada al S, en el Páramo La Rusia. Los resultados obtenidos por los autores aquí

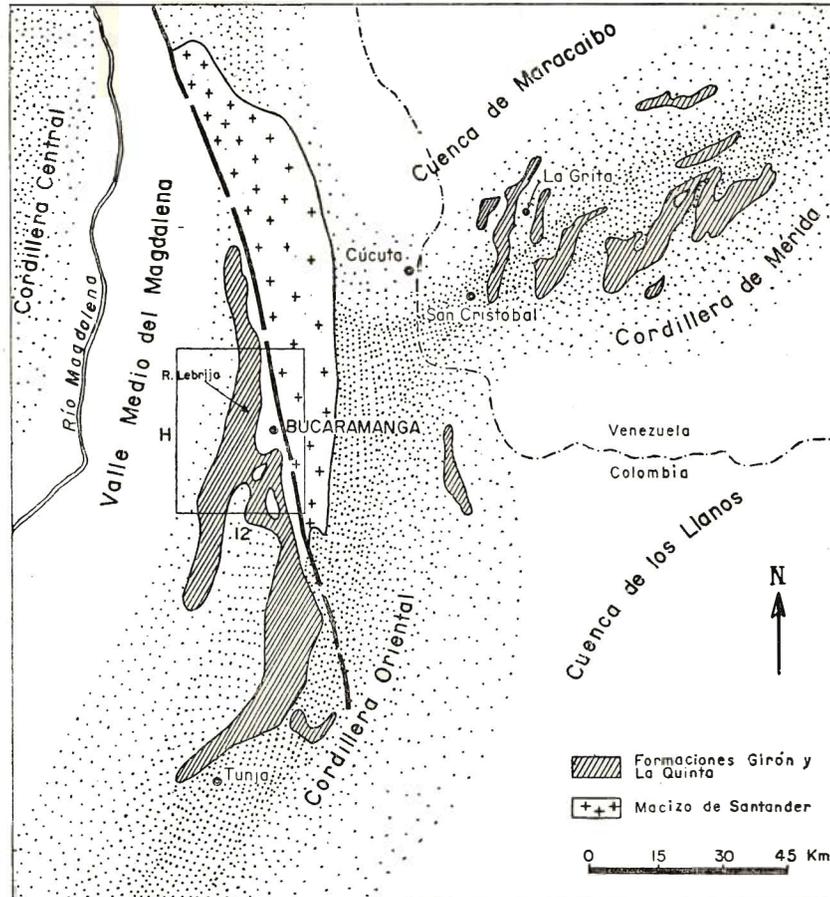


Fig. 2.— Esquema de las áreas ocupadas principalmente por rocas de las Formaciones Girón y La Quinta, según los mapas geológicos generales de Colombia (1962) y Venezuela (1955)

mencionados se discuten ampliamente más adelante. Por ahora debe anotarse brevemente que las observaciones litoestratigráficas de JULIVERT (1958) y NAVAS (1963) son inexactas, no se ajustan a las observaciones reales de campo. Las anotaciones litoestratigráficas de R. L. LANGENHEIM (1959) y J. H. LANGENHEIM (1961) pudieron ser confirmadas parcialmente, pero no las referentes a la facies y cambios de facies, como tampoco la edad que estos autores le asignan a la Formación Girón (ver pág. 55).

B) EXPOSICION DEL PROBLEMA Y METODO DE TRABAJO

Hasta hoy la literatura geológica de Colombia está saturada de generalidades y de informes contradictorios sobre las "rocas rojas" de la Formación Girón, formación que, según las necesidades del caso, se interpreta de diversas maneras. De la lectura de los trabajos citados arriba se deduce que preguntas fundamentales sobre la estratigrafía de estos sedimentos, han tenido respuestas diferentes según los distintos autores y que aún no se han formulado conceptos claros sobre las facies y desarrollo sedimentológico de la Formación Girón. Resumiendo, deben destacarse las preguntas fundamentales que durante la ejecución de este trabajo fueron motivo de particular atención:

1. Estratigrafía de los sedimentos del Girón, su posición y extensión en la localidad tipo.
2. Facies y situación de estos sedimentos dentro del desarrollo geológico de la actual Cordillera Oriental.

Después del reconocimiento de un área extensa en los alrededores del Macizo de Santander se eligió el valle del río Lebrija para el levantamiento de una columna estratigráfica. Tal como lo encontró R. L. LANGENHEIM (1959), es este el único sitio donde la Formación Girón aparece completa, aflorando también los sedimentos infra-y suprayacentes. Se hizo también la cartografía de la región circunvecina del Lebrija hasta donde fue necesario (ver Fig. 3). Para el levantamiento de la columna del Lebrija se dispuso de la base topográfica en escala 1:2.000 de la construcción de la línea del ferrocarril Bocas-Palmas-Conchal (Km. 90-109) y de mapas topográficos 1:25.000. Para la cartografía del Paleozoico y base del Girón al N de Bucaramanga se utilizaron mapas topográficos 1:10.000. Además se dispuso de aerofotografías y mapas foto-geológicos de Geophoto Service, Inc. en escala 1:50.000, como también de mapas topográficos 1:25.000 para toda el área de trabajo.

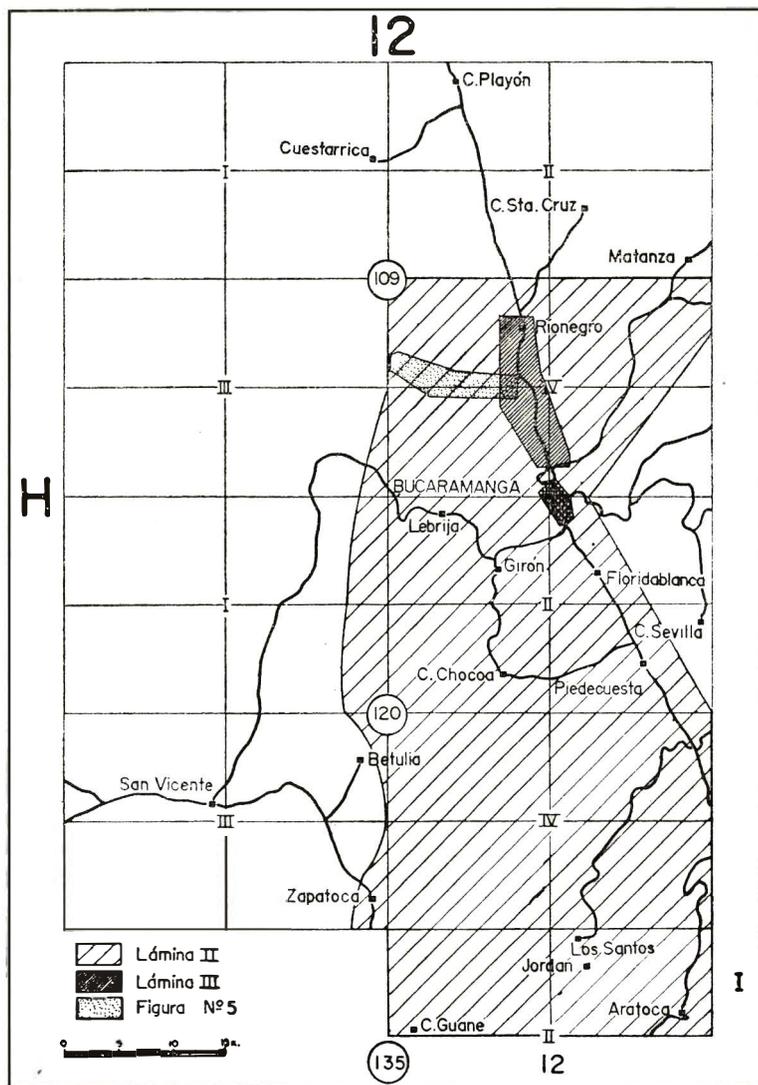


Fig. 3.— Localización del área de trabajo

Se estudiaron 200 secciones delgadas y 25 muestras de rocas fueron preparadas especialmente en búsqueda infructuosa de micro-fósiles.

C) SITUACION GEOLOGICA

Como localidad tipo (s.l.) del Grupo Girón se entiende la región esquematizada en la Lám. II, en el lado W del Macizo de Santander. En esta región se distinguen claramente dos unidades geológicas grandes cuyo límite común está constituido por la falla de Santa Marta (= falla de Bucaramanga) de rumbo SE-NW (Fig. 4):

1. En el NE, un conjunto de rocas cristalinas principalmente, perteneciente al Macizo de Santander y orientado en dirección aproximada N-S. De acuerdo con RADELLI (1962), se puede dividir el macizo en tres complejos principales:

- El Complejo de Ocaña, en el N, compuesto por una sucesión ininterrumpida de microgranitos, granitos porfídicos y pórfidos de cuarzo.
- La parte media del macizo, o Complejo del Páramo de Berlín, directamente al E de Bucaramanga, contiene además de granitos y granodioritas, también migmatitas, cuarcitas, filitas y esporádicamente anfibolitas.
- El Complejo de Pescadero al S, está compuesto principalmente de granitos y pórfidos de cuarzo; además se conocen cuarzo-monzonitas, neises graníticos y esquistos micáceos hasta filitas.

Las rocas graníticas, que ocupan un área extensa, parecen poseer una composición mineralógica muy unitaria: cuarzo, ortoclasa (microclina), plagioclasas ácidas, anfíbol, biotita y titanita con zircón y apatita como accesorios. Con frecuencia se observan transiciones completas de granito a pórfido de cuarzo. Dentro del Macizo de Santander mismo, y en graben pequeños de orientación aproximada NS, se encuentran restos de sedimentos paleozoicos, tal como ocurre en el graben de Matanzas (ver Lám. II). Restos de Cretáceo inferior que yacen discordantes sobre rocas cristalinas, son testigos de la transgresión cretácea que cubrió todo el macizo.

2. Al W y SW de la falla de Bucaramanga se presenta una región constituida principalmente por depósitos del Mesozoico inferior (Grupo Girón). En el borde E de esta región, es decir, contra la falla de Bucaramanga se encuentran bloques relativamente pequeños en los que afloran sedimentos del Paleozoico superior (Formaciones Bocas y Jordán) como también, localmente, rocas metamórficas.

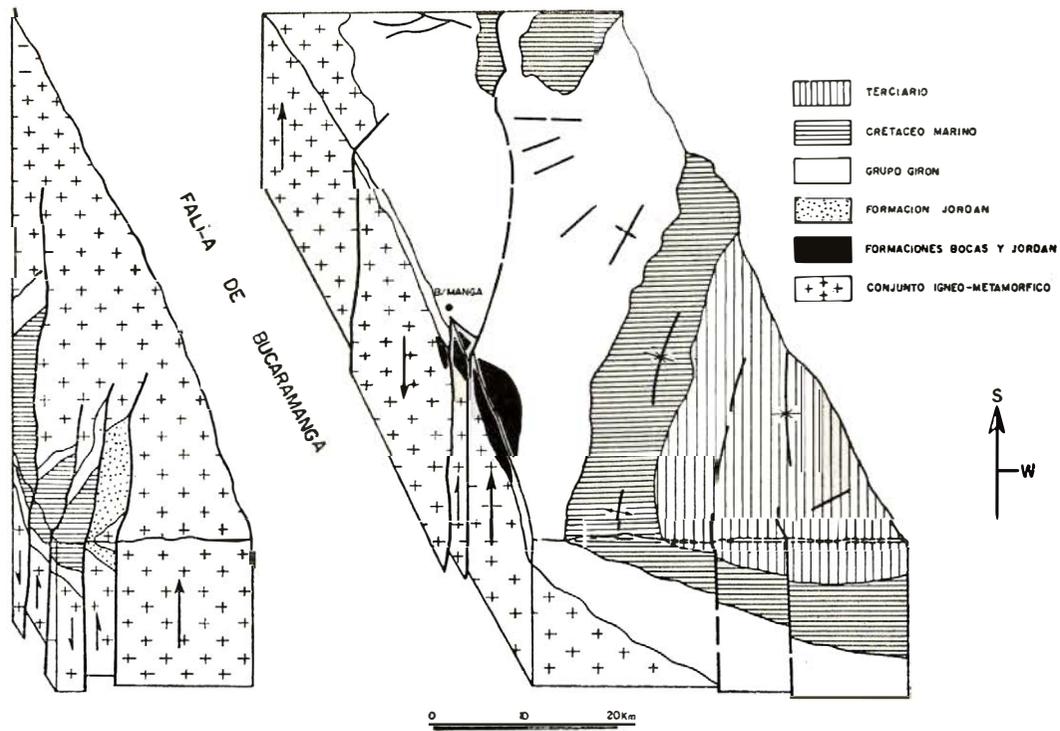


Fig. 4.—Estereograma en el flanco occidental del Macizo de Santander

El Grupo Girón, una serie esencialmente clástica con variaciones grandes y bruscas de espesor, cubre discordantemente el Paleozoico y las rocas cristalinas; aflora en una faja relativamente angosta localizada entre el Macizo de Santander y las calizas de la Formación Rosablanca (Cretáceo inferior).

La región ocupada por el macizo propiamente dicho muestra un relieve abrupto, con alturas hasta los + 4.000 m. Al W de ésta, la "Región de las Mesas" tiene una topografía suave y una altura promedio de 1.300 m; la cortan los ríos Chicamocha, Sogamoso y Lebrija en valles profundos y angostos.

Los sedimentos paleozoicos están afectados por fallas importantes y en menor grado por plegamientos. Las rocas mesozoicas en la parte septentrional de la región de Las Mesas, o sea, en la plataforma del Lebrija, presentan sinclinales y anticlinales amplios, siendo sin embargo, el buzamiento regional general hacia el W. En la parte meridional, ocupada en gran parte por sedimentos cretáceos, el buzamiento al W es muy suave, los estratos están casi horizontales. Una red complicada de fallas SE-NW y SW - NE, interesa significativamente esta mitad sur del área trabajada. A excepción de la falla del Suárez, de un desplazamiento vertical y longitud considerables, éstas no alcanzan importancia regional. La falla del Suárez, activa hoy aún, constituye el límite W del graben de Bucaramanga, lleno de gravas y bloques cuaternarios.

LA SECCION TIPO DEL GRUPO GIRON

A) DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

1. GENERALIDADES

Aproximadamente 20 kms al N de Bucaramanga, en la localidad Bocas (Cgto. Bocas, Fig. 5) confluyen los ríos Negro y de Oro para formar el río Lebrija. Este se dirige inmediatamente hacia el W por un valle en V, angosto y profundo. Los afloramientos creados por el río, los destapes y canteras hechas para la construcción de la línea del Ferrocarril (Bocas-Conchal) permiten observar directamente la sucesión de rocas presentes en esa región (Fig. 5 y 6). Los valles de algunas quebradas afluentes, como la Q. Honda, Q. Angula y Q. Piedra Azul, complementan, por lo menos en trayectos considerables, los afloramientos a lo largo del río. Las otras quebradas, más pequeñas, permiten un control local de la situación general.

A partir del kilómetro 95, después de que el río corre definitivamente y por un trayecto largo en dirección SN, es decir, aproximadamente en dirección paralela al rumbo de los estratos, el valle se amplía y comienza la depositación de cantidades apreciables de aluviones; los afloramientos son entonces muy escasos y aislados.

Es interesante anotar las claras relaciones observadas entre los caracteres de las rocas (dureza, susceptibilidad de meteorización, etc.), su posición estructural y la morfología creada por el río, más exactamente, el curso y sinuosidades del mismo: los cambios fuertes de dirección (quiebres que no siempre llegan a los 90°) coinciden claramente con la ubicación en el terreno de los límites estratigráficos de los conjuntos litológicos diferenciados en el Grupo Girón (Fig. 5).

2. SUCESION LITOLOGICA

Aproximadamente 1 km aguas abajo de Bocas, el valle del río Lebrija se angosta repentinamente y cambia su curso en dirección NW. Aquí, donde fue construída la represa de la Central Hidroeléctrica del río Lebrija, se observa un cambio litológico definitivo:

después de los shales gris oscuro a negros y algunas calizas de la Formación Bocas, comienza una serie monótona de areniscas generalmente conglomeráticas con intercalaciones periódicas de limolitas y arcillolitas rojas. Esta serie (que de ahora en adelante se denominará Grupo Girón) suprayace las formaciones Bocas o Jordán en discordancia angular que localmente se puede reconocer fácilmente. Sobre el Grupo Girón sigue concordante y sin que se pueda reconocer discontinuidad alguna en la sedimentación, una sucesión de calizas oscuras, en su parte basal lumaquéticas (Formación Rosablanca, Cretáceo inferior). El rumbo general del Grupo Girón es aquí NS. El buzamiento de la base de la serie es de 60° W; después se presenta un sinclinal suave sucedido de un anticlinal bien desarrollado. A partir de la mitad de la serie los estratos buzan más o menos constantemente entre 30° y 50° W para desaparecer finalmente bajo las calizas de la formación Rosablanca (ver Fig. 5). La uniformidad de las areniscas dificulta identificar rápidamente las subdivisiones litológicas de la serie; sin embargo una observación detenida muestra que los sedimentos rojos se presentan exclusivamente en conjuntos determinados, fáciles de identificar y localizar dentro de la columna (ver Fig. 6, Co. B, D, F, H). Los conjuntos de "red beds" separan así conjuntos de areniscas (Fig. 6, Co. A, C, E, G), que a su vez se manifiestan y caracterizan claramente todo el Grupo. Las características petrográficas de estas areniscas varían progresivamente a través de toda la columna, sin consideración de los conjuntos de "red beds" que se intercalan.

Tal como lo muestra la Fig. 6, la columna se ha subdividido informalmente en "Conjuntos Litológicos" (abreviado Co.) que a excepción del más joven (Co. H), no llegan al rango estratigráfico de Formaciones o Miembros (ver pág. 54). Una descripción corta de cada uno de estos conjuntos litológicos permite formarse una idea más clara y concreta de la estratigrafía del Grupo Girón:

Co. A. (610 m). Arenisca de grano grueso, conglomerática, compacta, con estratificación entrecruzada en unidades grandes (hasta 2 m de espesor). Lechos delgados de conglomerados de cuarzo y esporádicamente con cantos de caliza hasta de 4 cm. de diámetro. El color de las areniscas¹ varía entre gris claro, medio (6) y gris claro (7).

Se presentan lentes lutíticos de tonos gris azulado (5B 5/1 a 5GY 4/1) y de una potencia máxima de 3 m. Este material fino llega escasamente a un 5% del total del conjunto basal (Co. A), que se halla bien expuesto y está localizado en el sector comprendido entre la Represa (Puente del Lindero) y el lado E del Puente Remolinos.

¹ La determinación de los colores de las rocas se hizo según el Rock-Color Chart, Geol. Soc. Ame. (1951).

- Co. B. (590 m). Interestratificación de areniscas de grano medio a grueso con red beds. Los bancos de areniscas, en potencia hasta de 1 m, presentan estratificación entrecruzada definida. Los lechos de conglomerados de cuarzo en diferentes colores, se encuentran esporádicamente. El color de las areniscas (gris azulado claro, 58 7/1) se diferencia poco del color de las areniscas en Co. A. Los red beds pasan lateralmente y sin límites definidos, a lutitas generalmente grises verdosas y finalmente a areniscas. Los límites inferior y superior son por el contrario, muy nítidos no solamente en cuanto al color sino particularmente en el tamaño del grano; estos límites representan generalmente superficies inclinadas de erosión. Se trata pues, de una interestratificación irregular de cuerpos lenticulares que se diferencian entre sí por su color y el tamaño del grano. Las relaciones aquí descritas entre red beds y areniscas se repiten sin variaciones fundamentales en todos los conjuntos con red beds (Co. D, F), a excepción de Co. H. Los red beds de Co. B (aproximadamente 40% del Conjunto) son de color rojo-púrpura grisoso (5RP 4/2) hasta púrpura grisoso (5P 4/2). Poco antes del Km 106 se observa la última capa de sedimentos rojos, finalizando así el Co. B.
- Co. C. (430 m). Areniscas de grano medio a grueso en cuerpos de estratificación entrecruzada hasta de 2.50 m de potencia. Con frecuencia se encuentran lechos de conglomerados de cuarzo (exclusivamente) con cantos hasta de 4 cm de diámetro. En general las areniscas son muy duras, relativamente bien calibradas y "limpias". El color varía entre gris verdoso (5G 6/1) y gris-oliva claro (5Y 5/2). Debido a que el buzamiento lentamente disminuye, hasta llegar a obtener una dirección contraria a la general, formando así un ligero sinclinal en el sector ocupado por el conjunto C, éste ofrece un extenso afloramiento a lo largo del río Lebrija. Esta estructura y el anticlinal que la sigue (Fig. 5) es la razón por la que en la cantera de La Vega ya afloran algunas red beds del conjunto siguiente, Co. D.
- Co. D. (650 m). Interestratificación de areniscas con red beds en bancos hasta de 1 m de espesor. En la parte superior las areniscas (gris verdosas, 5G 6/1) contienen numerosos lechos de cantos de cuarzo. En Co. D predominan los sedimentos rojos (60%), cuyo color varía entre rojo grisoso (5R 4/2) y rojo negruzco (5R 2/2). Esporádicamente se encuentran en la base de este conjunto lentes pequeños (de 2-3 cm de espesor) de carbón con restos de plantas mal conservados.
- Co. E. (1.040 m.). Areniscas de grano medio, compactas y en bancos de un espesor máximo de 70 cm que, lateralmente, pero también verticalmente, pasan a lutitas y ocasionalmente a arcillolitas. Localmente se puede observar estratificación entrecruzada bien desarrollada. Los lechos de conglomerados de cuarzo son menos frecuentes que en los conjuntos anteriores. El color predominante en Co. E es el gris azulado, medio (5B 5/1); sin embargo se presentan tonos oscuros, hasta gris oscuro (N 3), tanto hacia la base como hacia el techo, mientras que en la parte media (poco antes de la Central Hilebrija, Palmas), dominan colores muy claros (gris amarillento, 5Y 8/1). Co. E se caracteriza en general por su estratificación irregular y la presencia frecuente de estratos de arenisca fina, lutitas o arcillolitas con lentes pequeños de carbón donde se encuentran restos de plantas mal conservados.

- Co. F. (250 m). La apariencia general de este conjunto se diferencia poco de la ya descrita del Co. D. Aquí en el Co. F los red beds se hacen más frecuentes hacia la parte superior; las areniscas ocurren en bancos un poco más potentes y contienen más conglomerados de cuarzo. Los red beds en tonos que van de rojo grisoso (10R 4/2) a marrón-rojo (10R 2/2) alcanzan escasamente a un 30% del conjunto total. Particularmente en la parte basal se observa la presencia de sedimentos gris oscuros, indicando la transición de Co. E a Co. F. Los sedimentos rojos terminan entre el Km 98 y el Viaducto del Desecho (también llamado Puente Negro), dando comienzo así al conjunto G.
- Co. G. (1.080 m). Areniscas de grano grueso en cuerpos de estratificación entrecruzada de 4 m de potencia máxima. Localmente se presentan capas ricas en moscovita, quizás más frecuentes en la parte media del conjunto. En la parte superior de Co. G los lechos conglomeráticos aumentan en número; hacia el techo disminuye el tamaño del grano y el espesor de los bancos hasta 40-80 cm. En la base de Co. G predominan colores gris verdoso (5G 6/1), que paulatinamente pasan a gris amarillento (5Y 7/2) y finalmente a amarillo grisoso (5Y 8/4). Este conjunto está bien expuesto a lo largo del río Lebrija solamente hasta la parte media, es decir, hasta aproximadamente el viaducto de Piedra Azul; la parte superior y la transición progresiva hacia el siguiente conjunto (Co. H) se halla expuesta en la Q. Piedra Azul, en cuyo curso superior aparecen los primeros sedimentos rojos.
- Co. H. (190 m). Areniscas de grano fino bien calibradas de color naranja claro (10YR 8/2) en las que se intercalan bancos de color rojizo (5R 4/6) generalmente del mismo material; estas areniscas rojas pueden lateralmente cambiar a lutitas o arcillolitas rojizas también, o verduscas. Todo el conjunto es bien estratificado (estratificación cruzada tabular, ver pág. 29) en bancos que varían entre 20 y 80 cm de espesor. Hasta muy pocos metros antes del límite superior de Co. H se presentan red beds, que en total comprenden un 30%. El techo de este conjunto y por consiguiente el fin de toda esta serie clásica está bien expuesto en el curso superior de la Q. Piedra Azul. Entre las últimas areniscas y las calizas oscuras y fosilíferas de la Formación Rosablanca se encuentra un banco de margas amarillas grisáceas con capas muy delgadas de calizas, cuyo espesor total no sobrepasa 1.50 m.

Debe mencionarse aquí brevemente la presencia en el río Lebrija de un "Conglomerado Rojo" que ocurre entre los conjuntos G y H, compuesto exclusivamente de cantos de red beds. En el Km 95 alcanza solamente 0.5 m de espesor y los cantos un diámetro hasta de 8 cm; en el Km 93 llega ya a + 100 m de potencia y contiene cantos hasta de 25 cm de diámetro. La localización, distribución y significado de este conglomerado ["Conglomerado Superior" de NAVAS (1963)] se discute ampliamente más adelante (ver pág. 79).

3. LAS ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

PETTIJOHN, POTTER & SIEVERS (1965) diferencian estructuras sedimentarias primarias, secundarias y orgánicas, una clasificación genética que permite interpretaciones sedimentológicas particularmente. En cuanto a la génesis de las areniscas del Grupo Girón, las estructuras sedimentarias siguientes son especialmente importantes:

— Estructuras sedimentarias primarias: bajo esta denominación se entiende, estructuras que se originan en el momento de la depositación (sin-sedimentarias) y antes de la compactación de los sedimentos.

Estratificación entrecruzada: una estructura limitada a unidades simples de sedimentación, compuesta de una sucesión sistemática de capas internas inclinadas con respecto al plano principal de depositación (POTTER & PETTIJOHN 1963 : 1968). La estratificación entrecruzada es una de las estructuras más significativas y características del Grupo Girón. De los numerosos términos y propuestas de clasificación de estas estructuras (ver p. e. : ILLIES 1949, ALLEN 1963) se emplea aquí la terminología descriptiva de MCKEE & WEIR (1953) :

— Estratificación cruzada simple (“simple cross-stratification”): unidades grandes “large scale”, de lentes o cuerpos cuneiformes. Este tipo (también llamado “wedge-torrential cross-stratification”) es típico de los conjuntos litológicos A, C y G. Es característico el cambio frecuente en la distribución del tamaño del grano, que va desde grano medio hasta cantos de + 4 cm de diámetro. Si bien es cierto que este fue el diámetro mayor de los cantos observados en la sección del río Lebrija, en los lechos de conglomerados de cuarzo, en la facies de piedemonte (ver pág. 79) se presentan cantos hasta de 15 cm; ejemplos bien expuestos de estos conglomerados gruesos se observan en los afloramientos de la carretera Bucaramanga-Piedecuesta. La dirección de caída de las capas frontales (“pseudo-buzamiento”) tiene variaciones relativamente pequeñas. La estratificación cruzada simple se reduce por sedimentación continua (sin intervalos de erosión) sobre un plano inclinado.

— Estratificación cruzada plana (también, basiplana o tabular), (“planar cross-stratification”): caracteriza exclusivamente el conjunto litológico H. Típica en su forma de unidades de sedimentación lateralmente muy extensas y en areniscas de grano fino bien calibradas.

— Estratificación cruzada cóncava (“trough-cross-stratification”). Este tipo se encuentra con relativa frecuencia en los con-

juntos con red beds (Co. B, D y F) y localmente junto con estratificación cruzada simple de unidades medianas (“medium scale”) en Co. E. Según ILLIES (1949 : 98) la estratificación cruzada cóncava (también llamada “festoon-cross-stratification”) representa la continuación, en dimensiones mayores, de la estratificación ondulítica en sedimentos gruesos. Este tipo se origina mediante erosión y sedimentación sucesivas.

Calcos de flujo: se observaron particularmente en Co. G, en la misma posición estratigráfica del “conglomerado rojo” (ver pág. 28). Se trata de lóbulos (y canales) alargados conservados en la base de las areniscas. La dirección de corriente que ellos muestran coincide con la dirección de transporte de las areniscas, indicada por la estratificación entrecruzada (ver pág. 74).

Ondulas asimétricas: ocasionalmente asociadas con cantos pequeños de cuarzo ocurren en Co. E, como también en la parte superior del conjunto G.

— Estructuras sedimentarias secundarias: se denominan aquellas originadas después de la depositación final de los sedimentos.

Calcos de carga: se observaron en Co. D y esporádicamente en Co. B protuberancias bulbosas hasta de + 40 cm de diámetro en la base de las areniscas, que penetran los red beds que les infrayacen. Se originan por efecto de carga diferencial (diferencia de materiales).

Grietas de desecación: se presentan con frecuencia en Co. E. y Co. G, generalmente rellenas por material arenoso o conservadas como calcos en la base de las areniscas.

Vesículas arcillosas: con un diámetro mayor hasta de + 15 cm, ocurren con frecuencia en todos los conjuntos a excepción de Co. H. Se presentan tanto aisladas, como también formando conglomerados de cantos de shale (“shale-pebble-conglomerates”). Algunas de ellas fueron rodados de arcilla acorazados, es decir, que han tenido revestimiento de grava y hasta cantos pequeños de cuarzo. Ejemplos bien expuestos de estas últimas se encuentran en Co. A, pocos metros aguas abajo de la represa, en la margen derecha del río y también en la Q. Piedra Azul, dentro del conjunto G.

Las estructuras sedimentarias orgánicas siguientes, fueron identificadas con seguridad:

Calcos de raíces: son particularmente frecuentes en Co. E y se hallan bien expuestos en la Q. Honda. Se trata de estructuras en forma de tubos muy delgados (en corte longitudinal tienen la apariencia de grietas) rellenas de arena que corren más o menos verticalmente a partir de la superficie de los estratos, ramificándose hacia abajo. En algunas capas estas estructuras se hacen tan

numerosas que se podría hablar de suelos fósiles (“fossile Wurzelböden”, LINCK 1943).

Iconofósiles: se observaron solamente en Co. H; en la sección del río Lebrija (Q. Piedra Azul), no son tan frecuentes como en la Mesa de los Santos, localidad tipo de la Formación Los Santos (Co. H, ver pág. 58). Estructuras a manera de cordones hasta de 10 cm de largo, en la superficie de los bancos de areniscas. Posiblemente se trate de huellas de arrastre (repicnia) de vermes.

B) PETROGRAFIA

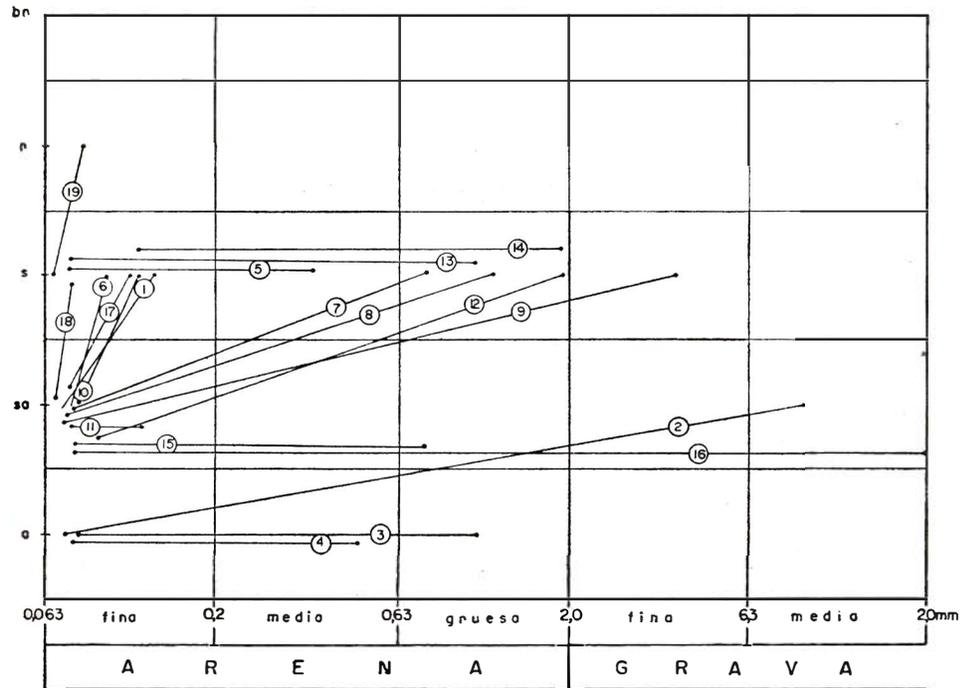
1. LAS ARENISCAS

a) Descripción macroscópica.

Ya se mencionó en la descripción litológica, que la columna estratigráfica en el río Lebrija está compuesta por una serie continua de areniscas en las que periódicamente se intercalan lutitas de color rojo (red beds). Las areniscas componen el 80% de la columna, es decir, que predominan claramente. La caracterización y diferenciación de estas areniscas con base en observaciones macroscópicas ofrece dificultades grandes: se trata en general de areniscas de grano medio a grueso, conglomeráticas, en su mayoría muy compactas, es decir, bien cementadas. Solamente en Co. G se observaron algunas capas relativamente friables. A excepción de los conglomerados de cuarzo, la gran mayoría de los componentes clásticos caen bajo la denominación angular hasta subangular; pocas veces se les puede llamar semiredondeados (Fig. 7). Las determinaciones macroscópicas del tamaño o grado de redondez de los granos, debido a su inexactitud, no permiten ver diferencias apreciables suficientes. Quizá la única observación clara se refiere a las areniscas de Co. H que por su uniformidad y composición casi monomineralógica, se identifican fácilmente en el campo. El resto de las areniscas, en las que difícilmente se reconocen macroscópicamente feldespatos o fragmentos de rocas, podrían confundirse con areniscas cuarcíticas muy puras. Algunos colores pueden predominar en cada uno de los conjuntos y quizá ser una ayuda de campo, pero nunca llegan a ser tan característicos que logren identificar estratigráficamente un afloramiento, mucho menos una muestra.

b) Examen microscópico.

Después de estudiar cualitativamente todas las muestras y secciones delgadas de las mismas, procedentes de la sección del río Le-



Grado de redondez: a = angular; sa = subangular; s = semirredondeado; r = redondeado; br = bien redondeado.

Fig. 7. Tamaño y grado de redondez del grano en 19 muestras de las areniscas del Grupo Girón en la localidad tipo (explicación en el texto).

brija, se eligieron las mejor calibradas (19 muestras) para ser examinadas cuantitativamente por el método de conteo de puntos. También se procuró una distribución regular de las muestras dentro de la columna, buscando así no omitir ninguno de los conjuntos de areniscas diferenciados en el campo. El resultado del estudio y evaluación de las muestras elegidas se considera pues representativo de la petrografía del Grupo Girón en su localidad tipo.

1. Textura.

Tamaño, forma y grado de redondez de los granos. En el microscopio se midió el diámetro mayor, tanto del grano más pequeño como del grano más grande, dentro de la fracción de arenas. El grado de redondez se determinó comparativamente según Russel, Taylor & Pettijohn (ver tablas en MÜLLER, 1964). El resultado de estos exámenes está resumido gráficamente en la Fig. 7. En este gráfico cada muestra está representada por una línea recta que une los valores de los diámetros medidos. Si esa línea permanece dentro de los límites de uno de los grados de redondez, significa que en la misma muestra predomina ampliamente ese grado; si por el contrario, la línea ocupa dos campos, quiere decir que la muestra representada contiene granos en cantidades aproximadamente equivalentes que pertenecen a dos grados de redondez. Generalizando y resumiendo se puede anotar que:

1. Siete muestras permanecen dentro de la fracción de arena fina, entre ellas las tres situadas en la parte más superior de la serie (17, 18, 19).
2. Tres muestras (2, 9, 16) sobrepasan el tamaño arena, es decir, que contienen gravas.
3. El resto de las muestras (3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 15), contienen granos de tamaño medio a grueso, predominantemente.
4. Se observa una tendencia general de los granos hacia el diámetro mayor medido; vale decir, que el gráfico no indica la distribución del tamaño del grano de cada muestra.
5. La mayoría de las areniscas están compuestas por granos subangulares o semirredondeados.
6. Todos los granos, independiente de su composición mineralógica (cuarzo, feldespato o fragmentos de rocas), presentan el mismo grado de redondez.
7. La mayoría de los granos de cuarzo muestran una forma alargada (elongación).
8. Las observaciones hasta aquí mencionadas indican una composición bimodal de casi todas las areniscas. A excepción de las areniscas en Co. H, no se puede identificar regularidad o sis-

	A			B		C			D	E				F-G				H	
	10011	10019	10024	10027	10035	10038	10041	10045	10054	10060	10061	10065	10068	10072	10074	10076	10077	10078	10085
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
C	43,0	40,8	47,4	52,2	52,4	51,0	53,6	54,4	56,8	68,2	67,6	66,2	61,8	61,4	53,6	52,0	56,4	85,0	88,8
R	28,0	30,2	33,4	24,8	28,6	25,0	25,6	23,2	23,0	14,0	14,4	15,0	13,2	24,0	30,4	31,8	29,2	3,8	5,6
F	16,0	15,6	15,0	18,0	15,2	18,6	14,6	19,6	15,6	11,8	14,0	14,6	16,0	10,8	15,2	12,0	8,4	7,8	
C		3,4		1,0	0,8			1,6	2,4		1,6	2,6	7,6	3,0					
S	2,4	5,6	3,0	0,8	2,0	2,0		1,2	0,8	1,0	0,6	0,4		0,4	0,8				2,4
M	1,0	0,8	0,6	1,0	0,2	1,0	1,2		0,6	1,8		0,2	0,8	0,2		0,4			
B	0,6	0,2	0,2	0,6		0,2	0,4		0,4										
Ot.	0,2	0,2											0,6			0,2	0,2		1,0
Rx	41,0	43,6	37,6	29,8	32,4	30,4	31,8	26,0	27,6	20,0	18,4	19,2	22,2	27,8	31,2	36,0	35,2	7,2	11,2
C.q	2,4	9,0	3,0	1,8	2,8	2,0		2,8	3,2	1,0	2,2	3,0	7,6	3,4	0,8				2,4
C.c.	8,8	3,2	0,4	1,6	0,8	2,2	4,6		0,4	3,2	1,8	1,0		0,2		3,6	5,8	3,4	2,2

Tab. 2

Composición mineralógica (% en peso) de 19 muestras de areniscas del Grupo Girón (Localidad Tipo). C = cuarzo, R = fragmentos de rocas, F = feldspatos, C = Ca CO₃, S = SiO₂, M = moscovita, B = biotita, Ot = otros (minerales opacos y pesados), Rx = R + C + S + M + B + Ot + C.q. + C.c.; C.q. = cemento químico (= C + S), C.c. = cemento clástico (= arcillas y material lutítico)

tema alguno que gobierne la distribución del tamaño del grano en la columna, o determine variaciones en el grado de redondez.

Relaciones entre los granos. A excepción de muy pocas muestras, casi todas las areniscas de la sección del Lebrija presentan un esqueleto de granos fijos, "fixed grains" (ALLEN, 1962 : 678). Contactos de punto y longitudinales son los más frecuentes. A veces se observan suturas, es decir, contactos estilolíticos de pequeñas dimensiones; parecen ser un poco más frecuentes en Co. A hasta Co. D. Esporádicamente se observan granos de feldespato quebrados entre los granos de cuarzo; las micas muestran ondulaciones y dobleces.

El porcentaje de espacios intersertales es bastante bajo en todas las areniscas.

2. Composición mineralógica.

Cuarzo. La gran mayoría de los granos de cuarzo muestra extinción ondulosa, reconocible aun en granos muy pequeños. El cuarzo es generalmente claro y de apariencia fresca; solamente en Co. H se observaron algunos granos levemente corroídos y recubiertos con hematita ("coating"). En algunos granos se observaron enclaves líquidos ("gotas" alineadas), como también agujas de rutilo, moscovita y cristales diminutos de cuarzo idiomorfo, siendo estos últimos menos frecuentes. El crecimiento secundario de los granos de cuarzo, observación que se hace frecuentemente, se realiza en continuidad óptica con el grano original.

La participación de cuarzo en la composición de las areniscas varía a lo largo de la columna (Tab. 2, Fig. 8): aumenta progresivamente de + 40% en Co. A, a + 70% en Co. E. A partir de Co. E disminuye el contenido de cuarzo mientras que la participación de fragmentos de rocas aumenta; en la parte superior de Co. G el cuarzo alcanza solamente un 50%. En Co. H el predominio de cuarzo se presenta rápidamente hasta llegar casi al 90%.

Feldespato. La ortoclasa y las plagioclasas ocurren en cantidades más o menos equivalentes. Entre los feldespatos potásicos se observan maclas de microclina con relativa frecuencia. Las plagioclasas son en su gran mayoría ácidas (+ oligoclasa). En todas las secciones delgadas de las muestras estudiadas cuantitativamente se observó la presencia simultánea de feldespatos frescos y meteorizados. Se pudo distinguir tres modos diferentes de meteorización de los feldespatos, así:

Sericitización: sericita en láminas muy pequeñas reemplaza irregularmente algunos granos de feldespato, quizás con más frecuencia los potásicos, pero siempre dejando restos identificables del mineral original. Es este el tipo más común de meteorización.

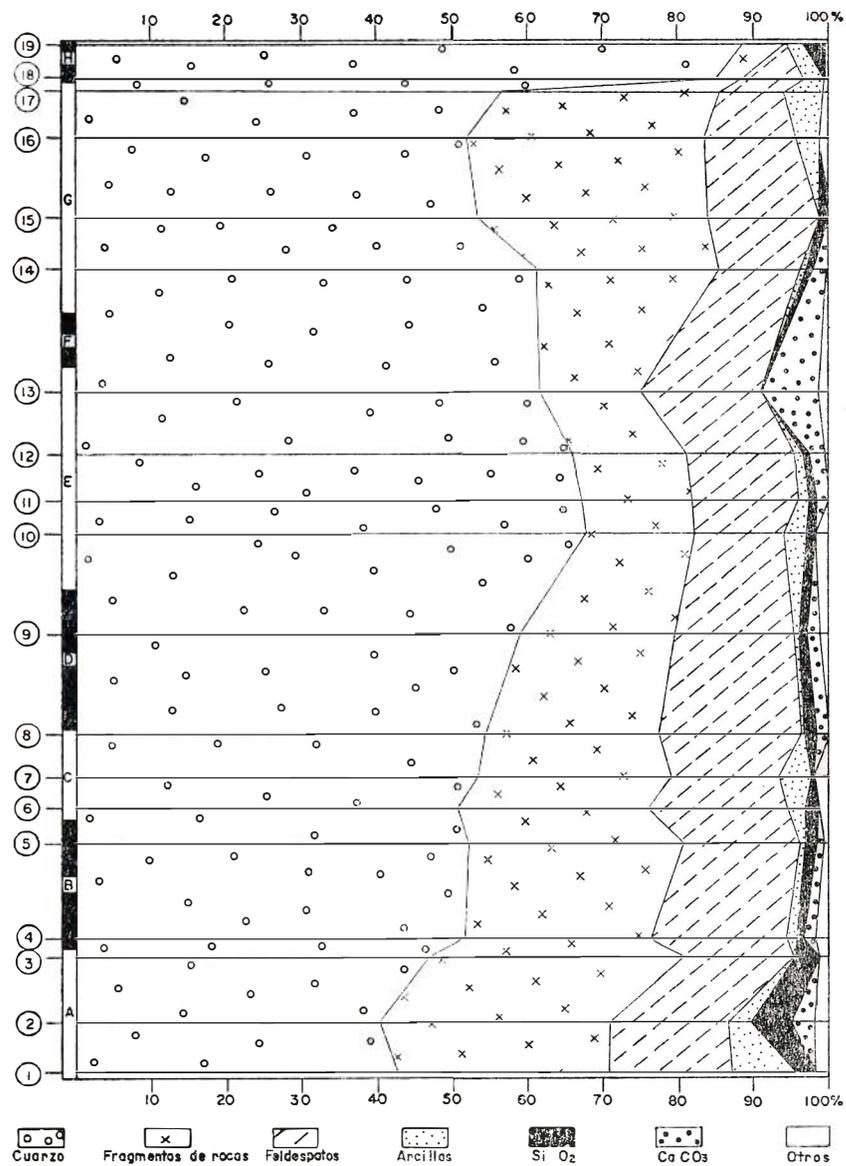


Fig.8 Composición mineralógica de las areniscas del Grupo Girón en la localidad tipo

Calcitización: se observa de vez en cuando a lo largo de las laminillas de plagioclasa; en ocasiones llega a reemplazar buena parte de los granos formando agregados de calcita xenomorfa. La calcitización puede presentarse también atacando exteriormente los granos de feldespato, es decir, que se trata en ese caso de CaCO_3 de soluciones intersertales, fenómeno diagenético que claramente se diferencia de la meteorización pre-sedimentaria de los feldespatos.

Silicificación: en algunos pocos casos se identificó con seguridad reemplazamiento de sílice en los feldespatos.

Es interesante destacar la ausencia de feldespatos con zonificación de ninguna clase. Llama también la atención el decrecimiento paulatino del porcentaje de feldespatos, de la base al techo de la columna.

Micas. Cuantitativamente las micas desempeñan un papel muy subordinado en la composición de las areniscas del Grupo Girón (máximo 1,8% en la parte basal de Co. E). La moscovita es generalmente fresca y más abundante que la biotita. Gran número de cristales de biotita son aún fuertemente pleocroicos, otros menos frescos presentan varias fases de transición a clorita. En los conjuntos A y E, particularmente en este último, la biotita es un poco más frecuente, mientras que está totalmente ausente en Co. D, G y H.

Fragmentos de rocas. Fragmentos de las rocas siguientes, en orden decreciente de frecuencia, fueron identificados en las secciones delgadas:

Metamórficas: cuarcita, generalmente de grano fino, en fragmentos de un tamaño mayor al del promedio del resto de los granos de la arenisca en cuestión. Filita o esquistos micáceos con granos de cuarzo bastante aplanados; las micas de apariencia muy fresca. Una buena parte de estos fragmentos está mineralizada (hierro).

Sedimentarias: Se trata casi exclusivamente de arcillolitas levemente calcáreas. La forma original de estos granos es difícil de reconocer, pues diagenéticamente han sido muy comprimidos y deformados. Los fragmentos de rocas sedimentarias son mucho menos frecuentes que los de metamórficas.

Igneas: Fragmentos graníticos y porfiríticos (con segregaciones cuneiformes) cuyo tamaño por lo general tiende a concentrarse en las fracciones menores. Cuantitativamente los fragmentos de rocas ígneas son insignificantes.

Acerca de la distribución de los fragmentos de rocas en la columna estratigráfica, debe anotarse lo siguiente:

1. Fragmentos de rocas sedimentarias se pueden identificar con seguridad en Co. A, donde también ocurren en número mayor (hasta + 10% del total de fragmentos de rocas).
2. En todas las muestras hay un dominio definitivo de los fragmentos de rocas metamórficas.
3. El decrecimiento paulatino de la totalidad de los fragmentos de rocas de la base al techo de la columna se interrumpe por un aumento en Co. G, alcanzando en este último conjunto, nuevamente el valor de Co. A. Es interesante anotar que este aumento de fragmentos de rocas metamórficas a partir de Co. E no influencia cuantitativamente el contenido de feldespatos de las areniscas ².

Otros. Bajo "otros" se entiende aquí (Tab. 2), componentes en número menor al 1%. Se trata casi exclusivamente de minerales opacos, o pesados, entre los cuales sobresalen zircón, anatasa y turmalina; ocasionalmente se observó magnetita y hematita. Con pocas excepciones, el tamaño del grano de estos minerales es menor que el de las arenas. No se pudo establecer regularidad alguna en la distribución de los accesorios dentro de la columna.

3. Cemento.

Arcillas. En casi todas las areniscas se presenta en cantidades variables agregados de minerales de arcilla, en ocasiones rellenando espacios intersertales, otros, fuertemente comprimidos entre los granos de los demás minerales; dentro de estos agregados no es rara la presencia de sericita, esporádicamente clorita o localmente enriquecimientos de hematita. La cantidad mayor de cemento clásico se presenta en la base de Co. A (8.8%, Tab. 2), que disminuye lentamente para aumentar luego en Co. G. El alto porcentaje registrado en Co. A podría estar falsificado por la presencia de fragmento de rocas sedimentarias, que no siempre se les puede reconocer como tales (ver pág. 37).

SiO₂. Cuarzo secundario es relativamente común en todas las areniscas examinadas, particularmente en aquellas de la parte basal de la serie. En Co. A se midió el valor más alto: 5.6% de los granos de cuarzo muestran crecimiento secundario. En Co. H vuelve a ser importante la silicificación de las areniscas.

Una cantidad insignificante de sílice ocurre también en forma de calcedonia casi siempre como relleno de micro-diaclasas.

CaCO₃. El cemento cálcico alcanza su máximo valor, 7.6%, en la parte superior de Co. E. Se trata siempre de calcita con lami-

² Esta observación se explica por la apreciación general de que las rocas metamórficas son más pobres en feldespatos que las ígneas, lo cual confirma a su vez la validez del "source-rock-index". (Ver pág. 41).

nillas bien desarrolladas, que reemplaza a veces cuarzo o feldespato. Esporádicamente se observa la presencia de agregados xenomorfos de CaCO_3 en espacios intersertales con minerales de arcilla.

4. Clasificación.

Una revisión, aun ligera, de todas las secciones delgadas muestra que la fracción de arena domina claramente sobre todos los demás tamaños de grano. Para la evaluación cuantitativa petrográfica es necesario elegir los parámetros apropiados que permitan una caracterización completa del material que se estudia. Una discusión de las muchas clasificaciones propuestas para areniscas (ver p. e.: HUCKENHOLZ 1963, McBRIDE 1963, PETTIJOHN et al., 1965), sobrepasa los límites del presente trabajo. Ya que en el estudio petrográfico de las areniscas del Grupo Girón se buscó ante todo dar respuesta a interrogantes estratigráficos-sedimentológicos, se prefirió la clasificación de PETTIJOHN (1954, 1957).

Los resultados obtenidos, presentados a continuación en forma resumida, permiten asignar las areniscas del Grupo Girón a una familia y dos subfamilias, así:

a) El contenido máximo de material arcilloso como relleno intersertal alcanza solamente un 8.8% del total de una muestra (en Co. A). Los espacios intersertales están rellenos parcialmente con cemento químico.

b) A excepción de dos muestras (100/13 y 10078/18), el contenido de fragmentos de roca (valor máximo 33.4% en la muestra 10024/3) es siempre definitivamente mayor que el de feldespatos (valor máximo 19.6% en la muestra 10045/8).

c) De acuerdo con lo expuesto en a) y b), todas las areniscas estudiadas pertenecen a la familia de las areniscas líticas ("lithic sandstones" = areniscas con fragmentos de rocas = grauwacas pobres en arcillas).

d) A excepción de las muestras 10078/18 y 10085/19 (Co. H), en las que el cuarzo detrítico llega a más de 75%, en todas las demás el mismo cuarzo se mantiene entre 40.8% (100/19/2) y 68.2% (10060/10). Las areniscas líticas del Grupo Girón pueden subdividirse pues en dos subfamilias:

- **Subgrauwacas: las areniscas de los conjuntos litológicos A hasta G.**
- **Protocuarzitas: las areniscas del conjunto H.**

Llama la atención la agrupación de las subgrauwacas y las protocuarzitas en el diagrama triangular, de acuerdo con su posición estratigráfica (Fig. 9).

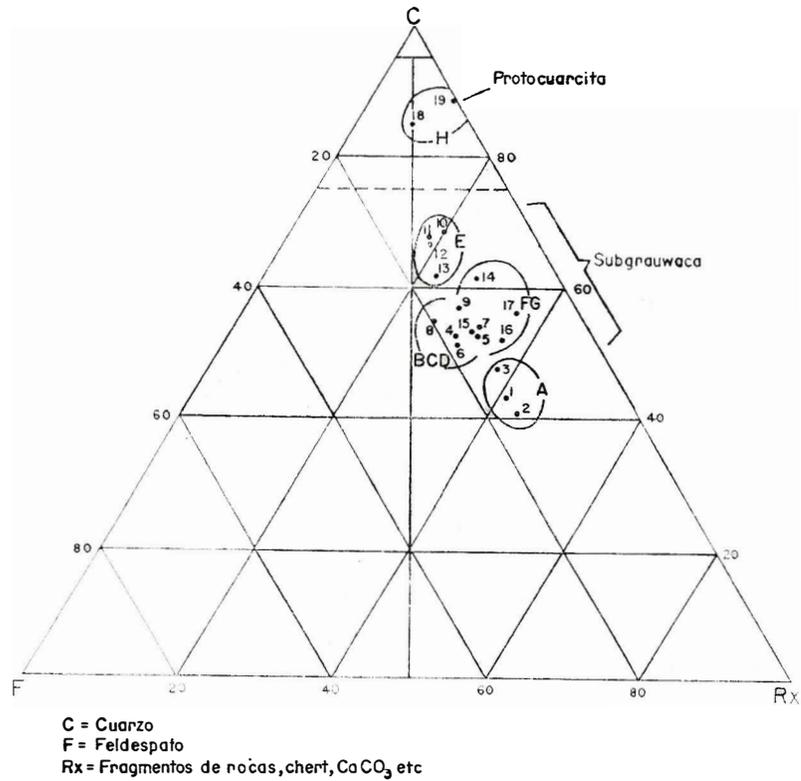


Fig. 9 Denominación de las areniscas del Grupo Girón. Clasificación según PETTIJOHN (1954, 1967)

5. Interpretación de los resultados.

La contribución porcentual de cuarzo (C), feldespato (F) y fragmentos de rocas (más SiO_2 , CaCO_3 , etc. = Rx, ver pág. 40, Fig. 8) así como la presencia o ausencia de una matriz en las areniscas, está controlada por tres factores: 1. procedencia (roca fuente), 2. madurez y 3. fluidez (viscosidad del medio de transporte).

Roca fuente (área de suministro). La paragénesis y algunas características especiales de los minerales permiten deducir qué grupo principal de rocas contribuyó en el suministro de material que compone las areniscas del Grupo Girón. En este caso se puede utilizar el índice de roca fuente ("source-rock-index", PETTIJOHN 1954 : 361), que se calcula por la relación de feldespato/fragmentos de rocas. En las areniscas estudiadas, el predominio porcentual de los fragmentos de rocas es muy claro, indicando que el volumen y área mayor de la región de donde provienen, estaba compuesta principalmente por rocas metamórficas de bajo grado (filitas y esquistos micáceos), mientras que las rocas sedimentarias y volcánicas (particularmente estas últimas) ocurrían en proporciones menores. El contenido relativamente pequeño de feldespatos, comparado con el de fragmentos de rocas, muestra que las rocas plutónicas desempeñaron un papel subordinado como roca fuente.

Numerosos autores han intentado obtener información acerca de la roca fuente de areniscas mediante el estudio de características particulares de los granos de cuarzo que las componen. Tales características son: forma del grano, enclaves que contiene y tipo de extinción óptica.

INGERSON & RAMISCH (1942) demostraron que tanto en rocas ígneas como metamórficas los granos de cuarzo no redondeados, presentan una elongación preferentemente paralela al eje *c* a las superficies del romboedro. También se demostró experimentalmente que la elongación paralela al eje *c* no es ocasionada por abrasión durante el transporte. A pesar de todo esto, se ha observado y mostrado en estadísticas (ver p. e.: BORKMAN 1952), que en metamorfismo regional de rocas ácidas, los granos de cuarzo se alargan debido a los efectos de "stress"; se podría argumentar también, que en rocas ígneas que hayan sufrido una orogénesis fuerte, pueden presentarse elongaciones, modificaciones, en la forma de los granos de cuarzo. De todos modos, la presencia de granos alargados de cuarzo junto con fragmentos numerosos de rocas metamórficas en las subgrauwacas de la Formación Girón, parecen apoyar la tesis de que la elongación del cuarzo detrítico es índice de rocas metamórficas en el área de suministro.

De los numerosos trabajos que se ocupan de enclaves en cuarzo, basta mencionar los siguientes: MACKIE (1896), KRYNINE (1940) y KELLER & LITTLEFIELD (1950). Aunque no faltan discrepancias, existe más o menos uniformidad de conceptos sobre su clasificación e interpretación:

Enclaves globulares (es decir, enclaves esféricos, generalmente de líquidos) y enclaves irregulares (indeterminables y de forma irregular), que se observan frecuentemente en las areniscas del Grupo Girón, indican la naturaleza granítica de la roca fuente. Los enclaves aciculares (en forma de agujas) de turmalina, menos comunes, muestran también procedencia granítica. Los enclaves regulares (determinados con seguridad) de cuarzo idiomorfo y micas, relativamente escasos en los granos de cuarzo de las areniscas del Girón, ocurren con frecuencia en neises y esquistos. La frecuencia de enclaves globulares, en los granos de cuarzo con extinción ondulosa, acusa la presencia de cuarzo filoniano, frecuente en las intrusiones graníticas. La riqueza de cuarzo de extinción ondulosa en las areniscas del Girón, hace pensar en esfuerzos tectónicos importantes y efectos grandes de "stress" que afectaron las rocas fuente. Los estratos del Grupo Girón no han sufrido esfuerzos tectónicos significativos petrográficamente. El grado de extinción ondulosa varía notablemente en los distintos granos que contiene una misma sección delgada; tampoco se observó orientación alguna de la extinción, en ninguna de las areniscas estudiadas. Recientemente BLATT & CHRISTIE (1963) lograron allegar evidencia sobre el significado que tiene la extinción ondulosa respecto de la longitud de transporte y el ciclo de sedimentación de la arenisca (ver pág. 43). Los mismos autores niegan, en cambio, el valor que esta característica de los granos de cuarzo pueda tener en estudios de procedencia (roca fuente, bien sea rocas ígneas o metamórficas).

Las cantidades relativamente grandes de fragmentos de rocas y feldespatos que contienen las areniscas indican claramente que el área de suministro fue solevantada rápidamente, en forma tal que pronto fue despojada de su cubierta sedimentaria y a su vez las rocas cristalinas (principalmente rocas supracrustales, en sentido de PETTIJOHN, 1957) fueron erodadas. La distribución regular y casi sistemática de algunos componentes a lo largo de la columna (ver p. e.: los feldespatos, Fig. 8), indican un solevantamiento continuo, paulatinamente decreciente, de las rocas fuente. El aumento súbito de fragmentos de rocas metamórficas en la parte inferior de Co. F podría explicarse mediante un desplazamiento lateral del área de suministro. El porcentaje de feldespatos solo, muestra que el área de suministro fue sometida a un diastrofismo

fuerte; la ocurrencia simultánea de feldespatos frescos y meteorizados presupone una erosión torrencial, es decir denudación violenta de material meteorizado (regolito) y rocas frescas mediante corrientes de agua. El área fuente ha tenido pues un fuerte relieve, que suministra simultáneamente clásticos frescos y en distintos grados de meteorización.

Madurez. La madurez de una arenisca se juzga por su composición mineralógica y por las características texturales que presenta. La composición mineralógica y la textura son a su vez criterios para la clasificación de areniscas, así que la denominación petrográfica indica ya un grado de madurez. Las subgrauwacas poseen un bajo grado de madurez. De acuerdo con PETTIJOHN (1954, 1957), la relación feldespato + fragmentos de rocas/cuarzo + chert es medida de madurez mineralógica. En las areniscas del Girón se puede constatar un aumento progresivo de la madurez mineralógica, de la base al techo de la serie (Tab. 2, Fig. 8). La madurez textural se juzga según FOLK (1951 : 128) por: 1. decrecimiento del contenido de arcillas (más micas menores de 0.003 mm), 2. mejor calibrado y 3. aumento del grado de redondez. En las areniscas del Girón no se observa claramente cambios regulares, según estos criterios, pero según el esquema propuesto por el mismo autor, las areniscas de los conjuntos A hasta G se pueden calificar de inmaduras a submaduras; en cambio las areniscas de Co. H pueden ser maduras o supermaduras.

Así como la composición o madurez mineralógica de una arenisca es una función del estado tectónico del área fuente, así también la madurez textural es "a function of the amount of physical modification by agents at the site of deposition and therefore, an index of the rate of subsidence of the basin" (FOLK, 1951 : 130).

Transporte. El concepto de "fluidez" o viscosidad del medio de transporte, mencionado ya anteriormente, es definido por PETTIJOHN (1954, 1957) como la relación arena/matriz (= "sediment/fluid ratio"). La viscosidad del medio de transporte determina el grado de separación de las fracciones de arenas y de limo durante el transporte. La ausencia de una matriz significa, por consiguiente, que el medio de transporte de esa arenisca poseía un grado bajo de viscosidad, conclusión a que se llega en el estudio de las areniscas del Grupo Girón. Tres características principales acusan un transporte corto de las areniscas de los conjuntos A hasta G: el grado de redondez, la presencia de numerosos fragmentos de rocas y la abundancia de granos de cuarzo de extinción ondulosa; este último siendo energéticamente menos estable que el cuarzo normal, es susceptible de descomponerse o destruirse más fácil y rápidamente

durante el transporte. Las areniscas del Co. H se diferencian del resto de la serie, particularmente en cuanto se refiere a la duración del transporte (más alto grado de redondez).

Diagénesis. Factores físico-químicos, post-sedimentarios, conducen ineludiblemente a transformaciones mineralógicas y modificaciones de la textura de un sedimento. Aunque estos procesos transcurren en forma paralela y simultánea, se pueden considerar separadamente:

—De acuerdo con SLOSS & FERAY (1948) y HEALD (1955, 1956) las suturas y microestilolitos en las areniscas son prueba de la existencia de soluciones de presión. La disolución de cuarzo por presión fue demostrada experimentalmente y en fecha reciente por HEALD & RENTON (1966). Los microestilolitos observados en las areniscas del Girón se limitan siempre a campos muy pequeños; en algunos casos se puede hablar de “pitting” en el sentido de CARROZI (1960 : 20), es decir, que parcialmente se trata de un intercrecimiento de los granos de cuarzo. A excepción de las areniscas de Co. H, se observó que en las muestras donde se presentan microestilolitos también ocurre cuarzo secundario. HEALD (1956b) y THOMSON (1959 : 92), hacen presente que parece haber una relación entre el contenido de arcillas y soluciones de presión. Esto se explicaría como consecuencia del aumento del valor pH de las soluciones intersertales, debido a la presencia de minerales de arcilla, ocasionando así una mayor solubilidad de SiO_2 (ver p. e.: DEGENS, 1965 : 76). Todas las areniscas del Grupo Girón con cuarzo secundario contienen cantidades variables de minerales de arcilla. El estudio detenido de las secciones delgadas de las areniscas del Girón, permite reconocer transformaciones minerales en el siguiente orden:

1. Deshidratación de los minerales de arcilla.
2. Precipitación de SiO_2 y crecimiento secundario de los granos de cuarzo.
3. Precipitación de CaCO_3 y reemplazamiento de cuarzo y feldspatos por calcita.

La cementación silícea o calcítica es un proceso diagenético que tiene lugar cuando aumenta la presión y la temperatura (PETTI-JOHN & POTTER & SIEVER, 1965 : 118). Microscópicamente se observan varias fases de la transformación de biotita en clorita. En algunas laminillas de biotita se presentan neomineralizaciones de siderita en pequeños cristales romboédricos o segregaciones xenomorfas de óxido de hierro; estas transformaciones indican, pues, que gran parte del contenido de biotita ha sufrido alteraciones diagenéticas. Los cambios diagenéticos de textura en las areniscas están

en relación directa con la reducción de los espacios intersertales; el volumen original de éstos depende del calibrado, la forma y el grado de redondez del grano. En general, se calcula en 40-50% el volumen original de los espacios intersertales en sedimentos arenáceos, aunque frecuentemente es menor. En las areniscas del Girón dos procesos han producido una reducción notable de los espacios intersertales: compactación y cementación química. Los cementos químicos, ya descritos anteriormente, dentro de estas consideraciones no alcanzan mayor significado (en ninguna de las secciones delgadas estudiadas llega a más de un 9%). La compactación se presenta en distintos grados; deformaciones de granos se observan solamente en feldespatos y micas, que se rompen o doblan entre los granos de cuarzo. Las soluciones de presión alcanzaron solamente un estado incipiente, a juzgar por el número y tamaño de los microestilolitos y suturas, o por el número y forma de los contactos entre los granos. Para la gran mayoría de las areniscas del Grupo Girón hay que suponer, pues, un volumen original pequeño de espacios intersertales (debido al calibrado, forma y grado de redondez de los granos), reducidos ahora a un mínimo por una compactación y una cementación química moderadas.

No hay evidencia alguna de influencias magmáticas o tectónicas en la diagénesis de las subgrauwacas o protocuarzitas del Grupo Girón.

2. LAS ARCILLOLITAS Y LIMOLITAS (LUTITAS ROJAS, RED BEDS)

a) Descripción macroscópica.

En las intercalaciones de sedimentos rojos en la columna estratigráfica del río Lebrija se distinguen arcillolitas y limolitas, con predominio de estas últimas y generalmente en estratos formados por una mezcla compacta de granos de estas dos fracciones (lutitas). El color de las lutitas varía irregularmente entre rojo grisoso (5R 4/2) y rojo púrpura muy oscuro (5RP 2/2). También se encuentran lutitas de color gris o gris oscuro pero en cantidades insignificantes. Solamente en los conjuntos A y E se presentan bancos de color gris de potencia considerable intercalados en las areniscas.

Dentro de los red beds y generalmente en los contactos con el resto de sedimentos se observa de vez en cuando la presencia de lechos delgados o manchas irregulares de color verde, producidas por reducción de los minerales de hierro. Las transiciones laterales de lutitas a areniscas ocurren simultáneamente con un cambio de color rojo, pasando casi siempre por tonos gris-verdosos.

b) Examen microscópico.

1. Textura.

En las secciones delgadas se aprecia una roca muy densa, heterogénea, compuesta principalmente por limo grueso y arcillas. En distribución irregular, una de las dos fracciones puede predominar; las variaciones en el tamaño del grano son transicionales, no se desarrolla (micro) estratificación normal alguna. En pocos casos, aislados, se observó estratificación gradada.

Los granos de la fracción de limo pocas veces están en contacto, y cuando más, se trata siempre de contactos de punto. El grado de redondez de los granos de cuarzo se puede calificar de angular a subangular. Las laminillas de moscovita, frecuentemente se encuentran orientadas. Localmente el tamaño del grano puede llegar al de las arenas, es decir, que estas rocas contienen cantidades subordinadas de arenisca fina.

2. Composición mineralógica.

La fracción de limo está compuesta casi exclusivamente de cuarzo; los feldspatos son muy escasos. Moscovita se presenta con frecuencia y en laminillas relativamente grandes. Biotita y ocasionalmente clorita no tienen importancia cuantitativamente. No es rara la presencia de minerales pesados; en algunas de las secciones estudiadas se registró hasta un 3%, dentro del que abundan cristales opacos, en pequeñas acumulaciones ("placers"). Se identificaron a menudo minerales de zircón, anatasa, turmalina, magnetita, hematita opaca y ocasionalmente ilmenita. En las arcillas se observa gran abundancia de hematita finamente diseminada, proporcionándole así el color rojo a la roca. La meteorización de biotita contribuyó seguramente, aunque en proporciones inferiores, al enriquecimiento de óxido de hierro. Los granos de cuarzo están frecuentemente circundados por una cutícula de hematita. Hay que tener presente, sin embargo, que las arcillas son el portador principal del pigmento rojo. Localmente ocurren agregados xenomorfos de CaCO_3 o calcita que ocupan espacios no mayores de 2 mm de diámetro mayor.

3. Clasificación.

Ultimamente se han propuesto tres clasificaciones de sedimentos rojos, así:

1. **KRYNINE (1949)** propone una clasificación basada en la forma como la roca adquiere el pigmento rojo; esto se puede establecer con un cierto grado de seguridad, mediante análisis de textura y estudio de la composición mineralógica de la roca.

SEDIMENTOS ROJOS (REDBEDS)	
REDBEDS DETRITICOS	REDBEDS QUIMICOS
Procedencia del pigmento rojo	
1.- Primarios Suelos o rocas cristalinos ricos en hierro (óxido, o hidróxido de Fe)	1.- Proceso oxidativos metasomáticos
2.- Secundarios Sedimentos rojos más antiguos	2.- Precipitación sin-sedimentaria (en el área misma de depositación)

Tab. 3 La clasificación de los sedimentos rojos aquí propuesta se basó principalmente en criterios petrográficos. La procedencia del pigmento rojo (o geoquímica del hierro) es un factor determinante, que junto con observaciones litológicas, permite la reconstrucción, interpretación, del ambiente de sedimentación (facies). Su aplicación no se limita a sedimentos clásticos.

2. VAN HOUTEN (1961) distingue diversas facies de red beds, causadas por condiciones tectónicas y orográficas que afectan el área de sedimentación. Se trata esencialmente de una clasificación genética.
3. CLARK (1962) utiliza estructuras sedimentarias, asociaciones litológicas y diferencias de color como criterios de su clasificación.

Una amplia discusión de toda la problemática de los red beds, con una bibliografía completa, se encuentra en el trabajo de VAN HOUTEN (1961). Los criterios que emplea Clark no caracterizan específicamente los sedimentos rojos, es decir, que no justifican los diferentes tipos de red beds que el autor quiere distinguir; así por ejemplo, las diferencias de color (tonos de rojo, etc.) no son tan significativas, que sustenten una clasificación. Los estudios de Krynine, por el contrario, presentan puntos de vista esenciales que tipifican los red beds y permiten las interpretaciones genéticas de la clasificación de van Houten.

Los óxidos de hierro de todos los sedimentos rojos del Grupo Girón son de carácter detrítico; o son minerales opacos de hierro, o es hematita finamente diseminada, como principal constituyente del pigmento rojo, asociada íntimamente con los minerales de arcilla. El que los óxidos de hierro puedan ser transportados en esta forma y por las arcillas, ya lo demostraron FRIPIAT et al. (1953) y CARROL (1958); para ello se requiere un medio levemente reductor. VAN HOUTEN (1961 : 112) hace presente la posibilidad del origen adicional del pigmento rojo por "envejecimiento" de hidróxidos de hierro en un área de sedimentación donde prevalezca un medio oxidante. Como se mostrará más adelante (ver pág. 50) los red beds del Grupo Girón representan depósitos aluviales en áreas de inundación; en este medio ambiente es imposible que se origine un pigmento rojo por meteorización in situ.

4. Interpretación de los resultados.

Rocas fuente (área de suministro). Generalmente se presumen suelos rojos o rocas ricas en hierro como fuente del material detrítico de los sedimentos rojos. Para la formación de suelos rojos se supone la existencia de un clima tropical (húmedo/seco), sin que hasta el presente esta relación (clima tropical/suelos rojos) haya sido demostrada ni tampoco esta tesis haya sido sustentada experimentalmente con suficiente claridad. Gran parte de la confusión que rodea el origen de los sedimentos rojos se debe sin duda a que no siempre se les valora como producto de muy diversos ambientes sedimentarios, como litofacies distintas que solo tienen en común

el color rojo. El significado climático de los red beds es muy discutible y últimamente está siendo puesto en duda por distintos autores, por ejemplo VAN HOUTEN (1961 : 20) : “Presumably the need for a red soil source and its associated warm, humid climate as an explanation of red beds origin may diminish to the extent that future investigations show that hydrohematite is abundant in non-red soils and consequently converts to hematite”. La pregunta, si los red beds del Grupo Girón son primarios o secundarios (ver Tab. 3), no puede responderse sin ambigüedades; siendo los minerales de arcilla los portadores principales del pigmento rojo y estando presentes también minerales opacos de hierro, se puede pensar en un origen primario. Sin embargo, la situación geológica general habla más a favor de una procedencia secundaria, de la resedimentación de red beds más antiguos de la Formación Jordán (ver pág. 81).

El comportamiento tectónico del área de suministro (solevantamiento relativo) y del área de sedimentación (subsistencia relativa) fue considerado por KRYNINE (1949) como factor fundamental en el origen de los sedimentos rojos. VAN HOUTEN (1961) discute y amplía este concepto. El proceso tectónico que controla la sedimentación de las areniscas del Girón y a su vez los red beds que se le intercalan, se discute más adelante (ver pág. 81).

Transporte. Para el transporte y conservación de red beds del tipo presente en el Grupo Girón son indispensables, por lo menos, las condiciones siguientes: un clima de precipitaciones pluviales abundantes, aguas (activas, en movimiento) ricas en oxígeno, un relieve topográfico pronunciado y finalmente, que los sedimentos sean depositados sobre el nivel de aguas subterráneas. El carácter detrítico de los sedimentos rojos del Girón, la geometría de los conjuntos litológicos que los contienen, así como su asociación con subgrauwacas pobres en arcillas indican un transporte fluvial de estos sedimentos.

C) CONTENIDO FOSIL Y FACIES

1. CONTENIDO FOSIL

La sección del río Lebrija muestra una serie de rocas extraordinariamente pobres en fósiles; hay que agregar sí, que la forma de los afloramientos no es propicia para la búsqueda de fósiles. Solamente en algunos valles satélites del cañón del río Lebrija, como en el caso de la Q. Honda, las superficies de los estratos están expuestas en trayectos más o menos largos. Los fósiles hasta

ahora encontrados se limitan casi exclusivamente a restos de plantas mal conservados. De los nuevos yacimientos encontrados en el curso de este estudio, quizás dos merecen ser mencionados: uno, bajo el puente Remolinos, en la margen derecha del río, en las capas rojas basales del Co. B; el otro, en el Km 98, en capas gris oscuras (Co. F) que afloran en la margen izquierda del río Lebrija. Así como los restos de plantas ya conocidos de la Q. Honda, estos últimos tampoco permiten más que una determinación muy general. El número mayor de estas plantas fósiles pertenece sin duda a la clase *filiceinas* (helechos), otras seguramente a la clase *equisetinae*.

A excepción de Co. H, todos los demás conjuntos contienen restos de plantas o fragmentos de maderas silicificadas. En algunas de las capas donde BRÜCKNER (1954) encontró ostracodos ocurren también esporádicamente lamelibranquios pequeños que no se pudieron determinar más exactamente. La búsqueda de microfósiles hecha en el curso de este trabajo fue infructuosa; no por esto se puede excluir la posibilidad de que estudios dirigidos más concretamente al aspecto bioestratigráfico, o quizás palinológico, contribuyan a un conocimiento más exacto de las edades del Grupo Girón.

2. FACIES

Los fósiles hasta ahora encontrados en el Grupo Girón no son diagnósticos de facies. Tanto lamelibranquios como ostracodos son ubicuos en toda clase de aguas. Solamente de los restos de plantas hallados en Co. E puede decirse que son autóctonos, ya que en esos estratos son muy frecuentes los suelos fósiles (ver pág. 30). Las plantas fósiles de los demás conjuntos litológicos, eventualmente alóctonas, seguramente no experimentaron un transporte muy largo, ya que se presentan principalmente en capas depositadas en áreas de inundación de ríos. Los fósiles mencionados deben considerarse conjuntamente con las características estructurales y petrográficas de los sedimentos que los contienen para lograr criterios de juicio válidos sobre la facies de esta serie clástica. Con base en los conocimientos hasta ahora obtenidos y las consideraciones anteriores, en la columna estratigráfica del río Lebrija se pueden diferenciar tres tipos de depósitos:

a) Sedimentos fluviales.

Las interpretaciones basadas exclusivamente en la estratificación entrecruzada tropiezan con dificultades. Aun considerando solamente las tres formas fundamentales (MCKEE & WEIR, 1954), demostradas ya experimentalmente (JOPLING, 1966) y cuyo ori-

gen es controlado por diferentes variables (p. e.: relieve de la superficie de sedimentación, cantidad de arenas transportadas, tipo y velocidad de la corriente, etc.), capaces de producir otras formas más, no se ha logrado comprender totalmente el mecanismo que las gobierna. Los tipos de estratificación entrecruzada del Grupo Girón caracterizan, sin embargo, condiciones de sedimentación cuya interpretación, en el tiempo y en el espacio, no tiene mayores objeciones. Estratificación cruzada simple, tal como ocurre en Co. A, C y G, indica condiciones sedimentarias muy uniformes y sobre todo, corrientes fuertes y constantes, orientadas siempre en la misma dirección. La carga sólida de estas corrientes está compuesta solamente por material de cauce (arenas, gravas, cantos). El transporte y sedimentación continua de este material sufrió interrupciones breves, dando lugar a la formación de vesículas arcillosas o "shale pebble conglomerates", pero no lo suficientemente largas o extensas como para permitir depositación de material en suspensión en cantidades considerables. Estudios recientes (p. e.: ALLEN 1965, GORDON 1966), confirman la interpretación, ya practicada desde años atrás, de estratificación cruzada simple en asocio con vesículas arcillosas, como características típicas de sedimentos fluviales. El aporte tan continuo de tal cantidad de material de sedimentación para formar espesores como los de los conjuntos A, C y G y por consiguiente la necesidad de grandes cantidades de agua de transporte, indican claramente la existencia de un perfil longitudinal que no ha alcanzado aún equilibrio dinámico y condiciones de sedimentación muy rápidas, tal como ocurre en áreas relativamente pequeñas en regiones aluviales vecinas a grandes montañas. Tanto las estructuras sedimentarias como las características petrográficas de estas areniscas son típicas de depositación lateral de un cauce amplio, en el que predomina carga de arrastre ("Geröllfracht" en el sentido de LOUIS, 1964, compuesta principalmente por una mezcla de arenas y gravas). Observaciones recientes muestran que la sedimentación final, definitiva, de ríos con carga de arrastre se realiza simultáneamente con bifurcaciones numerosas del cauce principal y el desarrollo frecuente de rápidos. Esta forma de sedimentación explica no solamente el origen de "areniscas limpias" como las subgrauwacas, sino también la pobreza o ausencia de fósiles en estas rocas.

La erosión retrogresiva y la acumulación, la sedimentación progresiva en cuencas o depresiones, causan cambios importantes en la energía de transporte. Esta última, o velocidad de la corriente, controla y determina la composición de la carga sólida. IMMAN (1949) logró demostrar que un tamaño de grano de + 0.2 mm es

un valor límite en la forma de transporte: granos de un tamaño superior son transportados como carga de arrastre y depositados dentro del cauce (o cauces) del río, mientras que granos de un tamaño inferior a los 0.2 mm son transportados principalmente como carga de suspensión y sedimentados en áreas de inundación.

La separación tan clara de los sedimentos con diferente tamaño de grano como se observa en los conjuntos B, D y F (lutitas rojas y areniscas), así como la geometría de la estratificación, atestiguan condiciones de sedimentación como las que actualmente caracterizan regiones aluviales con un relieve relativamente suave. Las areniscas de estos conjuntos (B, D y F) deben entenderse como bancos de arena depositados simultáneamente con la carga de suspensión, los red beds.

Existen aún más criterios basados en observaciones recientes, que se pueden comparar con las características de estos conjuntos litológicos y que atestiguan el origen fluvial y transporte como carga de suspensión de los red beds: en los sedimentos rojos mismos o en las superficies de los bancos de arenisca asociados a ellos, los restos de plantas son más frecuentes; muchas de las superficies de las capas de red beds presentan un enriquecimiento notable de laminillas de mica; el que los sedimentos rojos hayan conservado el grado de oxidación actual (color rojo) indica que fueron depositados sobre el nivel superior de aguas subterráneas. La observación detallada de estos conjuntos (B, D y F) muestra que la sucesión litológica consta de ciclotemas, unos completos y otros erodados en el techo.

Entre los factores que determinan la sedimentación de los conjuntos litológicos hasta ahora discutidos (Co. A, C, G y B, D, F), debe considerarse el clima. Para el tiempo de sedimentación de Co. A, C y G, hay que suponer un clima de lluvias abundantes. Los conjuntos B, D y F pertenecen a una facies (restos de plantas fósiles, lentes de carbón pequeños y red beds) conocida en distintos períodos geológicos y comúnmente interpretada como índice de un clima húmedo-cálido con épocas secas, pero en ningún caso árido (o desértico).

b) Sedimentos limno-fluviátiles.

Las características litológicas del conjunto E, indican que se trata de sedimentos depositados en aguas tranquilas o de corrientes débiles. La estratificación irregular y las transiciones laterales y verticales de arenisca a lutitas negras y viceversa, hacen pensar en arenas y limos de aguas muy someras, transportados por corrientes irregulares. Regiones pantanosas con una flora abundante, dieron

origen no solamente a suelos (fósiles), sino que también suministraron suficiente materia orgánica para que, al menos localmente, se desarrollara sapropel. Esta área de sedimentación, temporalmente, en forma intermitente, permaneció seca o fue parcialmente erodada por corrientes fluviales. Esta alternancia y sucesión de sedimentos es característica de regiones aluviales planas, atravesadas por meandros numerosos, sitios de sedimentación de "back-swamp deposits". También podría pensarse en una región paradel-taica, donde es de esperarse la influencia de un mar o condiciones salobres; faltan sin embargo, fósiles diagnósticos de esta facies o características petrográficas mejor definidas.

Los estudios mineralógicos de FÜCHTBAUER (1963) en la molas terciaria de los Alpes, ofrecen la posibilidad de usar biotita como mineral guía de facies: allí los minerales de biotita marrón-rojos (altamente pleocroicos) ocurren principalmente en estratos marinos-salobres; en rocas limno-fluviátiles, por el contrario, se observan solamente variedades de color verdoso o marrón verde. Según FÜCHTBAUER (1963 : 333) la decoloración de la biotita rojomarrón se debería en un medio no marino, a la disolución de titanio y hierro bivalente presentes en la red cristalográfica y subsecuente oxidación parcial o precipitación de los mismos elementos en las laminillas o microdiaclasas. Este proceso se explica por el bajo valor pH del medio no-marino y el libre y abundante acceso de oxígeno durante la exposición subaérea. La aplicación de los resultados de estos estudios no puede hacerse indiscriminadamente; transformaciones diagenéticas en sedimentos más antiguos, tales como se observaron en las muestras de la sección del río Lebrija, pueden conducir a interpretaciones falsas. Aceptando, sin embargo, cierto valor guía que puede tener la abundancia de biotita marrón en Co. E (+ 91% de las muestras estudiadas), puede pensarse en un medio lacustre (hasta salobre?) de sedimentación para esta parte de la columna ³.

c) Sedimentos marinos.

Las características petrográficas y sedimentológicas, mencionadas varias veces en las páginas anteriores como excepcionales y que distinguen las areniscas del conjunto H del resto de los con-

* Biotita también es frecuente en Co. A (66%), Co. B (44%) y Co. C (33%), en orden descendente, conjuntos litológicos de facies fluvial. La biotita aquí presente es casi exclusivamente de color marrón verdoso o verdoso. Vista pues, en forma general, la distribución de las variedades de biotita en las diferentes facies (identificadas mediante otros criterios sedimentológicos), se encuentra un paralelo notable con los resultados de los estudios de FÜCHTBAUER (1963).

juntos litológicos del Grupo Girón, indican que éste, el conjunto más joven de la serie, fue transportado y depositado en un medio marino. Su gran extensión regional y la presencia de un conglomerado de transgresión (ver pág. 80), permiten reconocer este conjunto litológico en toda el área estudiada como un depósito marino.

d) División estratigráfica y edades.

Debido al mal estado de conservación de los fósiles hasta ahora conocidos en la sección del río Lebrija y desconocimientos del valor guía de los mismos (ver más adelante), la sección tipo del Grupo Girón no puede dividirse bioestratigráficamente, es decir, en unidades cronoestratigráficas. Solamente se distinguen dos unidades litoestratigráficas, así:

- **Formación Girón, compuesta por los conjuntos litológicos A hasta G.**
- **Formación Los Santos, o conjunto litológico H.**

En vista de que el límite estratigráfico entre estas dos formaciones frecuentemente es transicional y no en todas partes se le puede identificar fácilmente, se emplea el término (rango) Grupo Girón para toda la serie clástica descrita en la sección del río Lebrija, es decir, para las dos formaciones (Fig. 6). La edad relativa del Grupo Girón se deduce de la combinación de tres factores importantes:

1. Edad de las formaciones sedimentarias infra y suprayacentes, según los fósiles que ellas contienen.
2. Edad posible de los fósiles (flora, principalmente) conocidos hasta ahora en el Grupo Girón.
3. Edad absoluta de rocas ígneas del Macizo de Santander que infrayacen, parcialmente, el Grupo Girón (ver Tab. 5).

La fauna marina de la Formación Bocas permite con seguridad, asignarle a estas rocas una edad que va desde el Devoniano (Sup.?) hasta el Permiano medio (bajo). La formación Jordán (ver pág. 66) que suprayace a la Formación Bocas, debe considerarse aún dentro del Paleozoico, simplemente por comparaciones regionales: sedimentos equivalentes en otras partes de la Cordillera Oriental (p. e.: Macizo de Quetame) representan la continuación ininterrumpida del Paleozoico y están separadas del Mesozoico por una inconformidad o discordancia que se ha identificado, no solamente en Colombia, como resultado del paroxismo varíscico en los Andes septentrionales. La base, es decir, las capas más antiguas de la Formación Girón descansan en la sección tipo, directamente

Tab.4. — Edad de la flora fósil de las Formaciones Bocas, Girón y Montebel, según J. H. LANGENHEIM 1961.

 Edad de las capas fosilíferas, según J.H. Langenheim.

 Edad posible, suponiendo que las determinaciones paleontológicas sean correctas.

	Misipiano	Pensilvaniano	Pérmico	Triásico	Jurásico	Cretáceo
Mesocalamites	—	—				
Cordaites	—	—	—			
BOCAS (Fm. Bocas)		 				
Rhodesa	—	—				
Calamites	—	—	—			
Callipteridium		—	—			
Asterotheca		—	—	—		
Pecopteris	—	—	—	—		
QUEBRADA HONDA (Fm. Girón)		 				
Asterotheca		—	—	—		
Otozamites			—	—	—	
Ginkgites			—	—	—	
Ptilophyllum				—	—	
Podozamites				—	—	
Cladophlebis				—	—	
Sagenopteris cf. nilssoniana				—	—	
Elatocladus			—	—	—	
ARCABUCO (Fm. Montebel)				 		
Ptilophyllum				—	—	
Elatocladus			—	—	—	
FLORIDABLANCA (Fm. Girón)				 		

siones taxonómicas, como en el caso de *Rhodea* (J. H. LANGENHEIM, 1961 : 111-112).

La representación gráfica de la dispersión vertical de las formas descritas por la misma autora y según los datos que ella misma suministra, producen el esquema de la Tab. 4. Según las consideraciones anteriores y el hecho de que a "*Rhodea*" no se le puede atribuir ningún valor guía, no se justifica la asunción de que "the Lebrija flora clearly is of late Pennsylvanian age and could not be younger than Permian" (J. H. LANGENHEIM, 1961 : 118).

Sin embargo y aceptando que las determinaciones paleontológicas sean correctas, se tiene la impresión de que las plantas fósiles de la Q. Honda pertenecen al Pérmico, posiblemente al Triásico.

Se podría aún pensar en que esta flora represente o sea el producto de una reliquia ecológica. Por otra parte, se observó que la gran mayoría de los ejemplares colectados en la sección del río Lebrija en el curso del presente trabajo, son muy similares o iguales a las formas descritas por J. H. LANGENHEIM (1961 : 124-126) como *Astheroteca* y *Pecopteris*, formas que se presentan desde el Triásico hasta el Jurásico.

Los ostracodos hallados por BRÜCKNER (1954) ⁵ no permiten conclusiones biocronológicas. Estudios radiométricos recientes realizados por cuenta del Inventario Minero Nacional, de las rocas graníticas del Macizo de Santander indican una edad de 194 + 6 millones de años ⁶. Las intrusiones datadas están situadas aproximadamente a 60 Kms. de la sección tipo, en una región (Complejo de Pescadero. Ver pág. 22) donde el basamento ígneo-metamórfico está cubierto solamente por la Formación Los Santos. Tal como se describe más adelante (ver pág. 75) es la región del Macizo Santander (s. s.) la región fuente del material que compone la Formación Girón. El magmatismo granítico en cuestión y las rocas de la Formación Girón son genéticamente (tectosedimentológicamente) y por lo menos parcialmente, contemporáneas; estos

⁵ "Dr. Triebel has found that the most frequent form among the ostracods specimens belongs to the genus *Darwinula*... Besides this smooth and elongated genus, a few sculptured ostracod moulds are present but they could not be determined. Up to date, the association of *Darwinula* with sculptured species similar to the forms in question has only been found in the Carboniferous, but it must be admitted that the information available on the ostracods associations of Permian and Triassic formations is not sufficient to allow for a sure age determination" (Brückner, 1954 : 113).

⁶ Según la escala de A. Holmes (en Jacobs, Russel & Wilson, 1959), este valor corresponde al Pérmico inferior. Mayne Lambert & York (idem cit) hablarían de un Triásico superior. Termier (1960), considera el sistema Triásico entre 200 y 175 m. a.; estos valores corresponderían al Triásico inferior. Finalmente, según la escala de Kulp (1961, en Halmiton 1965) los valores absolutos de Santander corresponden al Triásico superior.

dos procesos se desarrollaron en regiones distintas bien delimitadas. En ninguna parte del área estudiada se observó la presencia de intrusiones de ninguna clase en la Formación Girón.

El límite superior del Grupo Girón se reconoce fácilmente en toda la región estudiada; el paso de areniscas (Formación Los Santos) a calizas y margas oscuras, fosilíferas (Formación Rosablanca), es rápido y localmente se destaca morfológicamente. En la sección del río Lebrija las capas basales de la Formación Rosablanca contienen numerosos lamelibranquios (lumaquelas), gasterópodos y ocasionalmente amonitas; esta fauna, según CORYELL & MALKIN (1935) indica una edad cretácea inferior. La totalidad de la fauna hasta ahora conocida en la Formación Rosablanca permite asignarle a ésta una edad que va del (?) Valanginiano al Hauteriviano inferior (ETAYO, 1964).

Fue necesario revisar el término "Formación Tambor", ya que la descripción original de estas capas (H.D. Hedberg 1931, en MORALES et al. 1958 : 6-9) se basa en observaciones de campo bastante deficientes. En la que Hedberg considera localidad tipo (río Lebrija, Km 92-95, ver Fig. 10) aflora solamente el Conglomerado Rojo de la Formación Girón (ver págs. 28 y 79).

Los estratos que el mismo autor denomina Formación Tambor se hallan muy bien expuestos en la Mesa de Los Santos (Camino del Roto, ver pág. 66, Fig. 13); por consiguiente se prefiere ésa como localidad tipo y se propone el nombre de Formación Los Santos.

La Formación Los Santos presenta una potencia relativamente constante (120 m en la localidad tipo, 190 m en la sección del río Lebrija y más de 100 m en el Centro, ver pág. 74) y una composición muy unitaria. Los red beds que se intercalan en las areniscas se presentan distribuidos irregularmente en toda la columna y cambian lateralmente a lutitas gris oscuras y shales. Una división de la formación mediante la posición estratigráfica de los red beds tal como lo intentan Hedberg (idem cit.), JULIVERT et al. (1964) y TÉLLEZ (1964) no es posible. Así por ejemplo, en la sección expuesta en la carretera San Vicente-Zapatoca (El Boquerón), se observa cómo los sedimentos rojos predominan en la parte superior de la Formación (ver Fig. 11). En otros sitios, particularmente hacia el E-NE de la localidad tipo, las lutitas y shales oscuros son más frecuentes que los sedimentos rojos.

La Formación Los Santos representa el comienzo de la incursión definitiva del mar que en el Cretáceo deposita una serie fosilífera potente. En diversas partes de la Cordillera Oriental la transgresión cretácea se ha datado entre el Titoniano y el Berria-

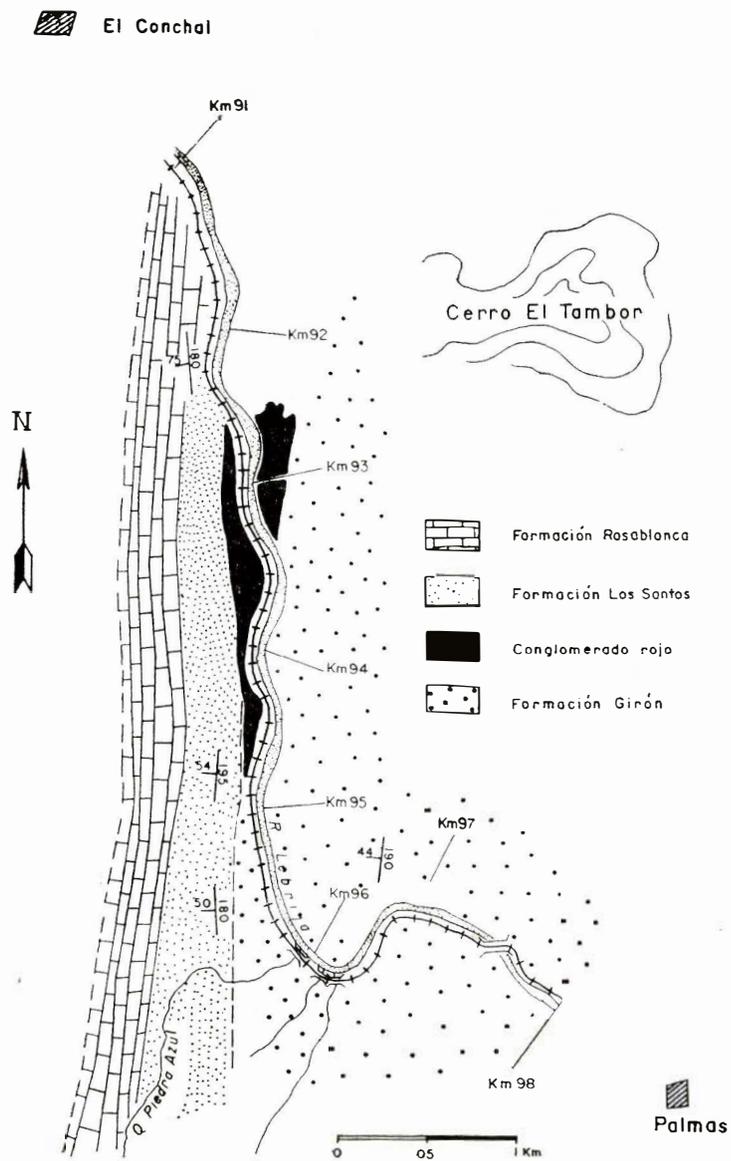


Fig. 10.— Situación geológica del Conglomerado Rojo de la Formación Girón

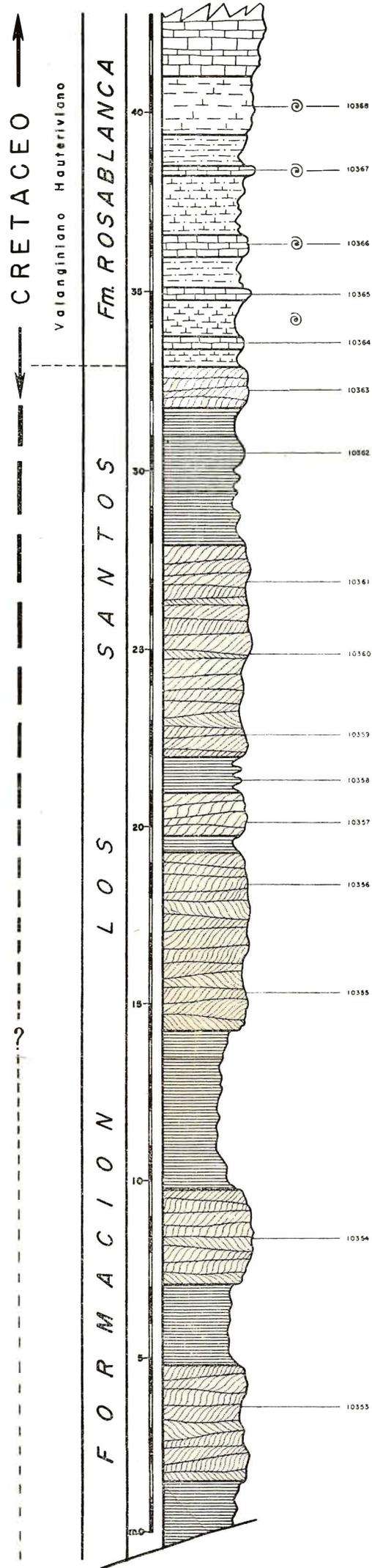
siano (ver p. e.: BÜRGL 1961 b). Dentro de las limitaciones e inseguridades que imponen correlaciones regionales sin evidencia paleontológica, como en este caso, se puede considerar la Formación Los Santos como la parte basal de Cretáceo y tentativamente asignarle una edad berriasiana.

Resumiendo, y teniendo en cuenta el grado de exactitud y correcciones de que son susceptibles los factores que determinan la edad del Grupo Girón (ver Tab. 5), su posición biocronológica es:

Grupo Girón	{	Formación Rosablanca	— ? Valanginiano-Hauteriviano
		Formación Los Santos	— ? Berriasiano
		Formación Girón	— Triásico - Jurásico
		Formación Jordán	— ? Pérmico
		Formación Bocas	— Devoniano-Carboniano-Pérmico

Es importante hacer presente la diferencia existente entre el Grupo Girón así concebido en este trabajo y el “Grupo Girón” propuesto recientemente por RADELLI (1967 : 145-160): “. . . le terme de Groupe Girón désigne dans ce travail toutes les roches continentales ou subcontinentales (avec intercalations marines littorales) de l’Orient Andin colombien, d’âge compris entre le Dévonien et le Jurassique”. Es decir, que bajo la denominación “Grupo Girón” RADELLI (1967) comprende todas las formaciones sedimentarias (con sus rocas ígneas básicas) del Paleozoico y Mesozoico Precretáceo en la Cordillera Oriental, Serranía de Perijá, Sierra Nevada de Santa Marta y Península de la Guajira. Además de que los “principios” o reflexiones estratigráficas que sustentan tal agrupación son inválidos, no puede aceptarse tampoco por inoficiosa e inconducente. Bien claro demuestra, implícitamente, STIBANE (1966), que el Paleozoico sedimentario en Colombia ofrece una litología y medios bioestratigráficos suficientes para caracterizar unidades estratigráficas que operan ampliamente y que permiten entender la geología del oriente andino colombiano.

Fig. II. COLUMN ESTRATIGRAFICA EN "EL BOQUERON"
CARRETERA SAN VICENTE-ZAPATOCA(SANTANDER)



LOS SEDIMENTOS PRE-GIRON

A) GENERALIDADES

(Ver Lám. III)

Ya se mencionó que al Grupo Girón le infrayacen sedimentos paleozoicos, sedimentos que a continuación se describen brevemente, ya que el conocimiento de su litología y edad son indispensables para entender mejor la estratigrafía y desarrollo sedimentológico del Grupo Girón.

En el curso del presente estudio se evidenció la presencia de un conjunto de rocas con características muy particulares, de una amplitud regional considerable y que localmente infrayace discordante o inconforme al Grupo Girón.

Esta serie, sedimentológicamente (litológicamente) muy diferente de la Formación Girón y más antigua que ésta, fue considerada por autores anteriores como una facies oriental (R. L. LANGENHEIM, 1959), o como la base de los sedimentos del Girón (NAVAS, 1963). Muy posiblemente es este conjunto litológico, aquí llamado Formación Jordán, más joven que la ya conocida Formación Bocas (Devónico-Carboniano-Pérmico inferior). Estas dos formaciones afloran en una faja más o menos angosta, orientada N-S, al N de Bucaramanga (ver Lám. III); tanto la una como la otra presentan pliegues y principalmente fallas profundas que las dividen en bloques de diferentes dimensiones. Tanto las dislocaciones tectónicas como la falta de afloramientos grandes y continuos dificultan el estudio de la estratigrafía de estos sedimentos, haciéndose aún más complejo en la Formación Jordán por la ausencia de fósiles. En el cañón del río Chicamocha las exposiciones son más propicias para el estudio de la Formación Jordán. A juzgar por la situación general al N de Bucaramanga, es de suponer que la Formación Jordán suprayace concordantemente la Formación Bocas; sin embargo, la posición de la Formación Jordán al W de su localidad tipo, directamente sobre el metamórfico, introduce ciertas dudas. Si se compara la secuencia paleozoica del Macizo de Santander con el Paleozoico del Macizo de Quetame, se encuentra que en este último, a una serie marina fosilífera del Carboniano (Pérmico?) sigue una

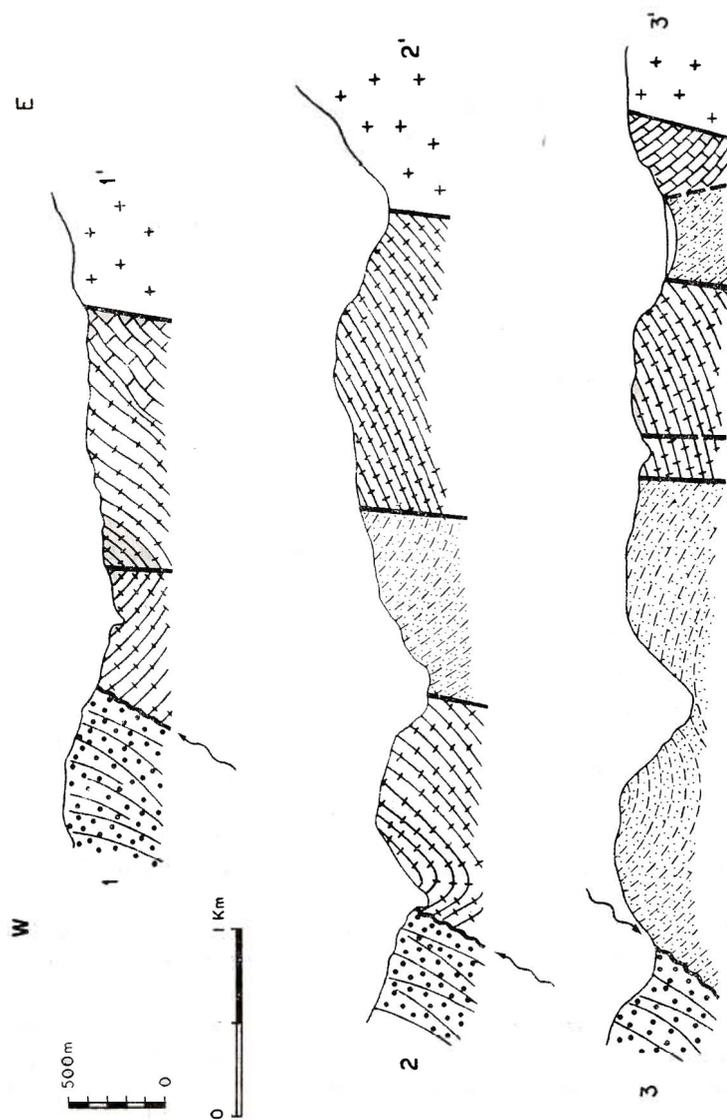


Fig. 12. Posición discordante de los estratos basales de la Formación Girón sobre el Paleozoico (ver lámina 3)

serie relativamente potente de sedimentos rojos idénticos a la Formación Jordán (ver pág. 85). En el Macizo de Santander, tanto en la Formación Bocas como en la Jordán aparece un volcanismo básico intermedio.

El levantamiento cartográfico al N de Bucaramanga arrojó, además, los siguientes resultados importantes:

1. Tanto la Formación Bocas como la Formación Jordán sufrieron dislocaciones tectónicas fuertes que pertenecen a sistemas, seguramente diferentes, de edad Pre-Girón.
2. Después de este diastrofismo, las rocas de ambas formaciones constituían parte de una superficie terrestre, erosionada parcialmente y sobre la cual comenzó la sedimentación de la Formación Girón.
3. En esta región, las capas más antiguas de la Formación Girón cubren las formaciones Pre-Girón y según la posición de estas últimas, en discordancia angular fuerte o en pseudoconcordancia.
4. En la orogenia terciaria el solevantamiento del Macizo de Santander se realizó a lo largo de la falla de Bucaramanga principalmente; de este movimiento participó, en menor grado, la región limítrofe occidental. Posteriormente se produjo el hundimiento del graben de Bucaramanga (entre la falla del Suárez y la falla de Bucaramanga), cuyo extremo N está dentro del área cartografiada (Láms. II-III).

B) LA FORMACION BOCAS

La primera descripción de estos sedimentos proviene de Ph. Merrit, en un informe inédito (1937) citado por DICKEY (1941 : 1790). E. Hubach (en TRÜMPY, 1943 : 1294) da una columna estratigráfica de esta serie. De la parte N del graben de Bucaramanga, NAVAS (1962) describe la columna estratigráfica, de + 540 m de potencia, y en la cual distingue tres conjuntos principales; el conjunto calcáreo, de + 356 m se puede seguir aun al N del graben de Bucaramanga.

Sobre estas calizas, al conjunto estratigráfico más importante de la serie siguen, según NAVAS (1962), margas, areniscas y shales; la parte basal está compuesta por areniscas y arcillolitas. Existen todavía varias dudas acerca de la correcta sucesión litológica; solamente un levantamiento estratigráfico detallado, dándole la debida importancia al contenido fósil y su valor cronológico, puede aclarar definitivamente la estratigrafía de esta serie de rocas.

Merrit (idem cit.) diferencia una "Serie Suratá" en el S (goben de Bucaramanga) y una "Serie Bocas" en el N. Esta diferen-

ciación es inválida ya que se trata de la misma secuencia de rocas separadas en dos bloques grandes por la falla del Suárez y en forma tal que el bloque sur, es decir, la parte N del graben de Bucaramanga buza principalmente hacia el E, el bloque N hacia el W. En la parte NW de la región cartografiada (Lám. III) se presentan areniscas de grano fino, arcillosas, y margas con intercalaciones de pequeños lentes de carbón y esporádicamente capas de alguna continuidad horizontal. Estos estratos de la Formación Bocas yacen discordantes bajo el conjunto basal de la Formación Girón en los alrededores del corregimiento de Bocas.

Aproximadamente 1 km al NW de la planta eléctrica de Zaragoza (Lám. III) se observó un dique de porfirita, cuya composición mineralógica en nada se diferencia de los derrames porfiríticos presentes en la Formación Jordán (ver pág. 67). En la carretera Bucaramanga-Matanzas (Q. de Chitotá) un dique (?) de pórfido cuarzoso atraviesa rocas de la Formación Bocas.

1. CONTENIDO FÓSIL Y EDADES

a) Al NW de Bucaramanga, en la pendiente W de la quebrada Jabonera se localizó recientemente (Inventario Minero Nacional, Zona IV-Bucaramanga) un yacimiento fosilífero importante que suministró una fauna del Devoniano medio ⁷.

Elytha colombiana CASTER.

Leptaena boyaca CASTER.

Eodevonaria imperialis CASTER.

Australospirifer cf. *A. antarcticus* MORRIS y SHARPE.

Dictyostrophia cf. *D. cooperi* CASTER.

Megastrophia sp.

Athyris sp.

Phacops ? sp.

Además algunos ejemplares indeterminables de corales (tabulatas y rugosas), trilobites, briozoos, ostracodos y restos de crinoideos.

b) El conjunto de calizas ha suministrado hasta ahora la fauna siguiente:

Al S de Puentetierra (Lám. III) encontró Merrit (en CORYELL & MALKIN, 1935), además de corales y crinoideos, la siguiente fauna de braquiópodos:

Buxtonia scabricula (MARTIN).

Dictyoclostus portlockianus (NORDWOOD & PRATTEN).

⁷ Determinaciones paleontológicas del Paleontology and Stratigraphy Branch, U. S. Geological Survey.

Dictyoclostus americanus DUNBAR & CONDRA.

Composita argentea (SHEPARD).

Neospirifer goreii (MATHER).

TRÜMPY (1943 : 1293) menciona aviculopecten?, crinoideos y los siguientes braquiópodos:

Schuchertella sp.

Productus sp.

Composita subquadrata (HALL) var.

Spirifer increbescens trigonalis (MARTIN).

Punctospirifer sp.

Tanto CORYELL & MALKIN (1935) como J. S. Williams (en TRÜMPY, 1943 : 1924) sitúan esta fauna en el Carbonífero. Si se compara esta fauna genéricamente con una fauna de braquiópodos del Perú descrita por CHRONIC (1953 : 43) y que pertenece al Pensilvaniano (Atokan) hasta el Permiano inferior (Wolfcampiano), se observan relaciones bastante claras.

Una fauna colectada en las calizas de las canteras que explota Cemento Diamante por D. Trapp⁸ indica una edad permiana inferior a media (Wolfcampiano a Leonardiano) :

Neospirifer condor (D'ORBIGNY).

Phicodothyris guadalupensis (SHUMARD).

Perrinites hilli (SMITH).

c) En un conglomerado de cantos de calizas, dentro de la Formación Bocas, recientemente se colectaron (Inventario Minero Nacional, Zona IV Bucaramanga) foraminíferos identificados⁷ como:

Parafusulina sp.

Climacamma sp.

que indican una edad permiana inferior (posiblemente Leonardiano).

La totalidad de la fauna hasta ahora conocida de la Formación Bocas permite reconocer edades que van del Devoniano medio al Pérmico medio.

⁸ Amable comunicación de D. Trapp, Geol. Paläont. Institut der Justus Liebig Universität, Giessen.

2. FACIES

La composición litológica y los fósiles de la Formación Bocas indican que estas rocas fueron depositadas en un mar somero; las calizas particularmente, con algunos bancos organogénicos en su totalidad, lo atestiguan más claramente. En general se puede hablar de una facies regresiva en la cual además de depositaciones esencialmente marinas (con conglomerados, o localmente brechas calcáreas) se observa un desarrollo parálico.

C) LA FORMACION JORDAN

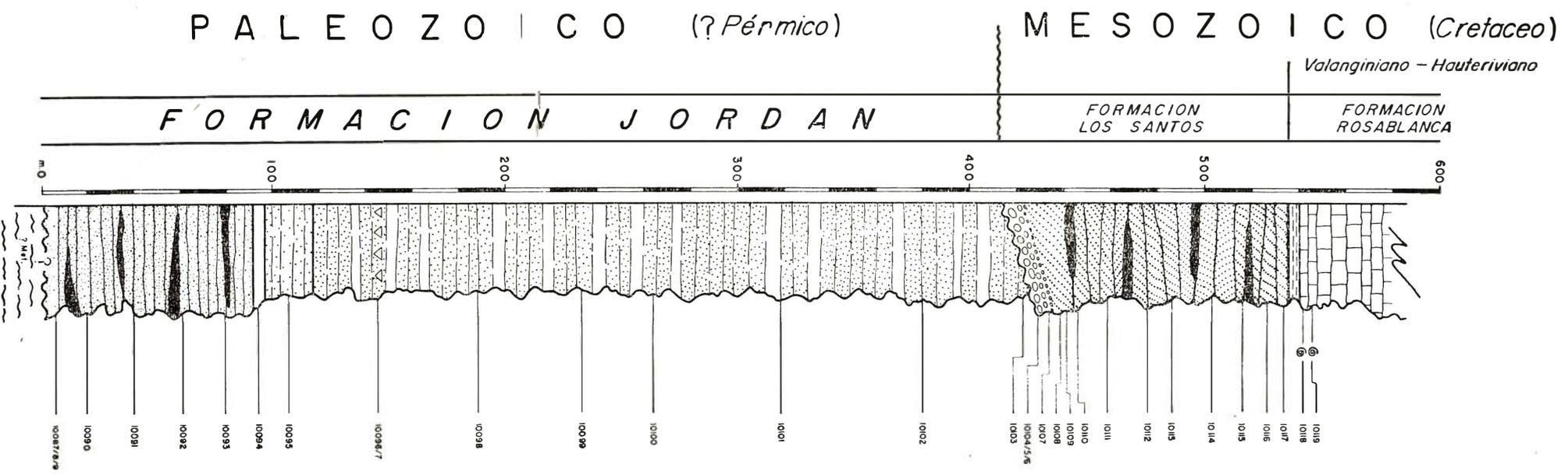
1. LOCALIDAD TIPO

En las pendientes del cañón del río Chicamocha, entre Pescadero y Las Juntas (Lám. II) afloran rocas sedimentarias cretáceas (Formaciones Los Santos, Rosablanca, etc.), que cubren discordantemente, en el E, rocas metamórficas del Macizo de Santander y en el W, rocas sedimentarias paleozoicas de la Formación Jordán (denominada según el municipio del mismo nombre). La formación Jordán está delimitada al E por la falla de Aratoca que la pone en contacto con filitas y esquistos micáceos; al W desaparece bajo la Formación Los Santos. Entre el pueblo de Jordán y la quebrada Monte Grande se puede trazar el eje (N-S) de un anticlinal amplio en cuyo núcleo alcanzan a aflorar las capas más antiguas de la Formación Jordán pero sin que se logre observar su infra-yacente. Al E de la falla de Aratoca (+ 300 m de salto) se encuentran solamente restos de la Formación Jordán, sin las capas basales (Co. 1, ver Fig. 13), y discordantemente sobre el metamórfico.

En esta región, compuesta por rocas cristalinas y rocas sedimentarias de la Formación Jordán, transgredió el Cretáceo (Formación Los Santos) sobre una penillanura, dando lugar a discordancias angulares hasta + 30°, tal como se puede observar en el curso superior de la quebrada Monte Grande.

De la población Los Santos parte un camino en dirección SW que conduce hasta el borde S de la Mesa de los Santos; de allí en adelante continúa una senda o "Camino del Roto" que atraviesa las Formaciones Rosablanca, Los Santos y Jordán expuestas en los escarpes del cañón del río Chicamocha; esta senda llega hasta el río mismo, donde en la margen S encuentra un camino que conduce hasta el pueblo de Jordán. Fue a lo largo del Camino del Roto donde se levantó la columna estratigráfica de la Fig. 13.

Fig. 13.— COLUMNA ESTRATIGRAFICA EN EL
 CAÑON DEL RIO CHICAMOCHA
 LOS SANTOS-JORDAN ("CAMINO DEL ROTO")



2. SUCESIÓN LITOLÓGICA

En la Formación Jordán se pueden distinguir dos conjuntos litológicos, divididos por una zona de transición de aproximadamente 10 m de potencia y sin que entre ellos se manifieste receso alguno en la sedimentación.

- Co. 1. (± 100 m). Este complejo basal está constituido principalmente por areniscas de grano grueso en bancos hasta de 1 m de espesor y de color gris verdoso (5Y 7/2) generalmente. Localmente se puede identificar estratificación entrecruzada simple en unidades grandes y con conglomerados de cuarzo (cantos hasta ± 2 cm de diámetro). Esporádicamente se intercalan lutitas verdosas en lentes alargados y hasta de 2 m de potencia. Con frecuencia se encuentran partes de las areniscas o lutitas impregnadas (manchadas de color gris oliva [5Y 5/2] hasta verde amarillento oscuro [5GY 5/2]) de soluciones cupríferas o de CaCO_3 que han ascendido generalmente por pequeñas fallas o diaclasas y que pueden alcanzar el conjunto litológico siguiente (Co. 2). Co. 1 se encuentra bien expuesto entre Jordán y la desembocadura de la Q. Monte Grande en el río Chicamocha.
- Co. 2. (200 m). Sucesión ininterrumpida y homogénea de limolitas y areniscas de grano muy fino, rojas, muy bien estratificadas en bancos que varían de 30 a 80 cm de espesor. El color de este conjunto de red beds, marrón rojizo (10R 3/4), es muy constante. Muy esporádicamente se observó estratificación entrecruzada de pequeñas dimensiones. En los planos de estratificación de algunos bancos se presentan ondulitas asimétricas pequeñas, o de vez en cuando icnofósiles (*Repichnia*).

Microscópicamente, se observa con frecuencia crecimiento secundario de cuarzo y un predominio absoluto de cemento de óxidos de hierro. Tanto la uniformidad de la composición mineralógica (casi exclusivamente cuarzo) como textural, se reflejan en la monotonía litológica de todo el conjunto. El examen petrográfico permite concluir que el pigmento rojo es de origen químico, pudiendo calificarse todo el Co. 2 como un red bed químico (ver Tab. 3).

En los red beds al E de la falla de Aratoca y en continuidad del Co. 2, ocurren lentes de caliza arcillosa y aspecto brechoso que contienen microfósiles (ostracodos?) mal conservados. Dos de estos bancos lenticulares, hasta de 1 m de espesor, se hallan bien expuestos en el camino de Mojarritos al Alto del Tabacal (Lám. II).

3. ROCAS VOLCÁNICAS ASOCIADAS

En la mitad superior de Co. 2 aparecen dos bancos de tobas volcánicas ácidas ("welded tuffs") separados por aproximadamente 80 m de red beds, y expuestos en el camino de herradura de Los

Santos a Jordán. Macroscópicamente se observa una masa pelítica de color amarillo claro (con algunas manchas de color rojizo o verdoso) con fragmentos de rocas cuarcíticas y esquistos micáceos; con frecuencia aparecen fragmentos de pumita comprimidos (“collapsed”). Localmente y en espacios pequeños se presenta estratificación gradada. En el microscopio se identifica una matriz criptocristalina con fenocristales de cuarzo y feldespatos. Los cristales de cuarzo generalmente presentan una corona de corrosión amplia. Estos “welded tuff-beds” desaparecen rápidamente hacia el W; ya en el Camino del Roto se pudo localizar solamente un banco de 30 cm (Fig. 13; 10096/17) compuesto principalmente por fragmentos angulares de rocas volcánicas ácidas y metamórficas hasta de 1 cm de diámetro.

En el Alto de Mojarritos y al SE de Piedecuesta (Lám. II), en la zona limítrofe entre los red beds de la Formación Jordán y el metamórfico se presentan algunas capas con fragmentos subangulares hasta angulares de pórfido cuarzoso, de color rojo oscuro. En Mojarritos estas brechas alcanzan hasta 2 m de espesor, pero horizontalmente poca extensión. Al SW de Floridablanca se encuentran también dos bancos de brechas volcánicas⁹ separadas por ± 10 m de red beds. Los componentes ígneos de estas brechas mineralógicamente no se diferencian de los “welded tuffs” descritos anteriormente.

Pocos metros después de la bifurcación de la carretera a Bocas, en la localidad El Cero (carretera Bucaramanga-Rionegro) aparece un manto de porfirita de + 10 m de potencia, intercalado en los red beds de la Formación Jordán. Se trata de una roca gris-verdosa oscura de grano muy fino y compacto, con amígdalas de calcita. Microscópicamente se reconoce una matriz de plagioclasa ácida, de textura intersertal, con clorita y en menor cantidad epidota y zoisita. Cuarzo y piroxenos ocurren muy esporádicamente. Con frecuencia se identifican fenocristales de albita (porfirita albítica). En estos afloramientos se observan estructuras elipsoidales, que aunque no muy bien desarrolladas quizás representen “pillow structures”. La misma porfirita aflora varias veces hasta un poco más al N de La Reforma (N de Rionegro).

⁹ Se trata del llamado “Conglomerado basal de la Formación Girón” según Navas (1963 : 27). En los mapas geológicos 120 IV y 135 II (1:50.000) de la Universidad Industrial de Santander, 1964, figuran estas capas con un espesor exagerado y se les atribuye una extensión regional erróneamente grande.

4. EXTENSIÓN REGIONAL Y FACIES

Dentro del área estudiada (lám. II) deben hacerse las siguientes observaciones:

- Las areniscas basales (Co. 1) ocurren solamente en la localidad tipo (río Chicamocha). La ausencia de las mismas en otras partes, no afectadas tectónicamente, hace pensar en omisión local.
- En el graben de Matanzas, NE de Bucaramanga, afloran solamente los red beds de la Formación Jordán; es posible que éstos cubran aquí directamente el basamento cristalino.

A continuación se mencionan otras localidades del oriente andino colombiano visitadas personalmente por el autor donde se reconocieron rocas idénticas a los red beds descritos de la Formación Jordán y en posición estratigráfica tal, que permiten paralelizar (a grosso modo) y entenderlos como una unidad litoestratigráfica. Los datos cronoestratigráficos que permiten datar esta formación son aún muy incompletos; sin embargo, se puede asegurar que se halla entre el Permiano (o Carboniano superior) y Triásico?, principalmente.

a) En el mapa geológico general de Colombia (1:1.500.000, 1962) figuran rocas del "Jura-Triásico" (Girón) en la región situada entre Capitanejo y Sátivanorte (Cuadrángulo I-13) a lo largo de una faja de Permocarboniano. A juzgar por unos afloramientos en los alrededores de Soatá, y rodados, vistos en otras partes dentro de esta región, es muy posible que ésta esté compuesta exclusivamente por red beds de la Formación Jordán. Esporádicamente se observaron rocas volcánicas.

b) En el Macizo de Quetame se conocen intercalaciones de sedimentos rojos tanto en el Devoniano como en el Carboniano. Particularmente significativa y constante, como también potente (hasta ± 250 m), es una serie de areniscas rojas que suprayacen calizas fosilíferas del Pensilvaniano. En el S del Macizo, o Páramo de Sumapaz, STIBANE (1966 b : 68) describe esta serie así: "La tapa del Paleozoico está compuesta por una interestratificación de sedimentos rojos gruesos y muy finos. Sobre la edad de esta serie roja, al igual que en Guayabetal, solo se pueden hacer suposiciones, ya que no se conocen fósiles de ella. Yo deseo considerarla aún carboniana, pues continúa ininterrumpidamente sobre el Carboniano ya datado; creo, sin embargo, que puede ser más joven, quizás permiana".

En los Farallones de Medina y su continuación norte (Macizo de Quetame Septentrional) aparece también al final del Paleozoico, una serie potente de red beds. Los red beds del Macizo de Quetame son petrográficamente idénticos a los de la Formación Jordán en el Macizo de Santander y por consiguiente comparables con la misma.

c) En cuanto a los red beds de la Serranía de Perijá y el borde S-SE de la Sierra Nevada de Santa Marta, que también suprayacen al Paleozoico datado (hasta Pérmico medio), hay que hacer presente que no existe diferencia litológica alguna con la Formación Jordán. Estos sedimentos han sido ya comparados erróneamente por diversos autores (p. e. RADELLI, 1962 : 30-39) con la Formación La Quinta de Venezuela, sin argumento firme alguno. En la Sierra Nevada los red beds se presentan asociados con numerosas rocas volcánicas como pórfidos cuarzosos, meláfidos, tobas y brechas (ver p. e. el mapa geológico de SIEVERS, 1888), mientras que en la Serranía de Perijá éstos son menos abundantes.

A pesar de que faltan estudios sedimentológicos y análisis faciales detallados, se puede aseverar que los red beds de la Formación Jordán son depósitos marinos. La gran actividad volcánica, sinsedimentológica, suministró y produjo el enriquecimiento de óxido de hierro que los caracteriza, a la vez que creó un medio ecológico poco propicio o adverso al desarrollo de vida animal, explicándose así la escasez o ausencia de fósiles.

DESARROLLO SEDIMENTOLOGICO

Los resultados obtenidos hasta ahora acusan la presencia de medios suficientes de análisis sedimentológicos en el Grupo Girón. Una vez reconocidos los factores fundamentales que controlaron la depositación de esta secuencia sedimentaria, se hacen consideraciones geológico-históricas y paleogeográficas importantes.

A) GEOMETRIA DE LA CUENCA (O DE LAS ARENISCAS DEL GIRON)

La geometría original, es decir, la forma, el tamaño y orientación (RITTENHOUSE, 1961) de un cuerpo de areniscas puede modificarse considerablemente por erosión, diagénesis o tectonismo; estos factores no desempeñan un papel importante en el Grupo Girón, de tal suerte que las observaciones de que se trata a continuación revelan, con bastante fidelidad, condiciones geológicas originales:

1. La posición de la Formación Girón o Los Santos sobre las Formaciones Bocas y Jordán, delata una discordancia de erosión, un "paleoslope" (paleopendiente), y la existencia de una superficie terrestre triásico-jurásica (Fig. 14).
2. La Formación Girón se acuña en el Macizo de Santander señalando una línea que corre en dirección N-S, aproximada; se trata del límite E de la cuenca de depositación, o la llamada "fall-line" (línea de omisión) (Fig. 17). De esta "fall-line" hacia el W, el espesor de la Formación Girón aumenta muy rápidamente. En la región de la Mesa de los Santos, la "fall-line" tuerce, se interna localmente hacia el W, debido a la presencia de un bloque compuesto por rocas cristalinas y Paleozoico sedimentario. Esta paleomorfología se manifiesta también claramente en un corte SSE-NNW (Fig. 15).
3. El límite W de la cuenca no se puede localizar con precisión. El Cretáceo y el Terciario del Valle Medio del Magdalena, ambos muy potentes, cubren un área bastante extensa, hasta el borde E de la Cordillera Central. Existen sí puntos de referencia, dados por algunos depósitos marinos del Triásico y Jurásico, situados al SSW y NNW del Macizo de Santander:

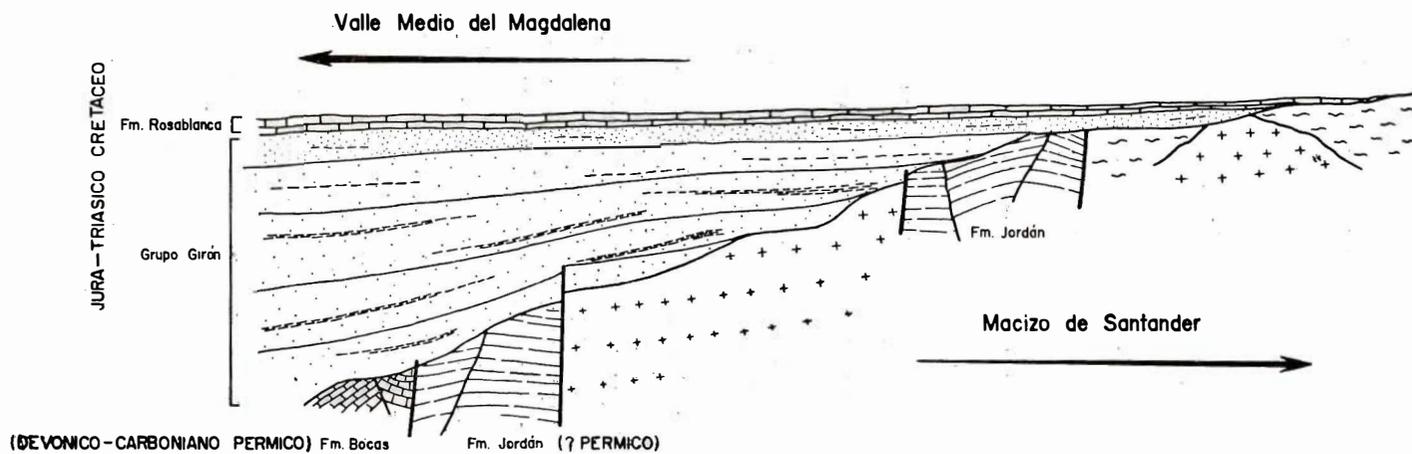


Fig. 14. — Corte W-E al occidente del Macizo de Santander

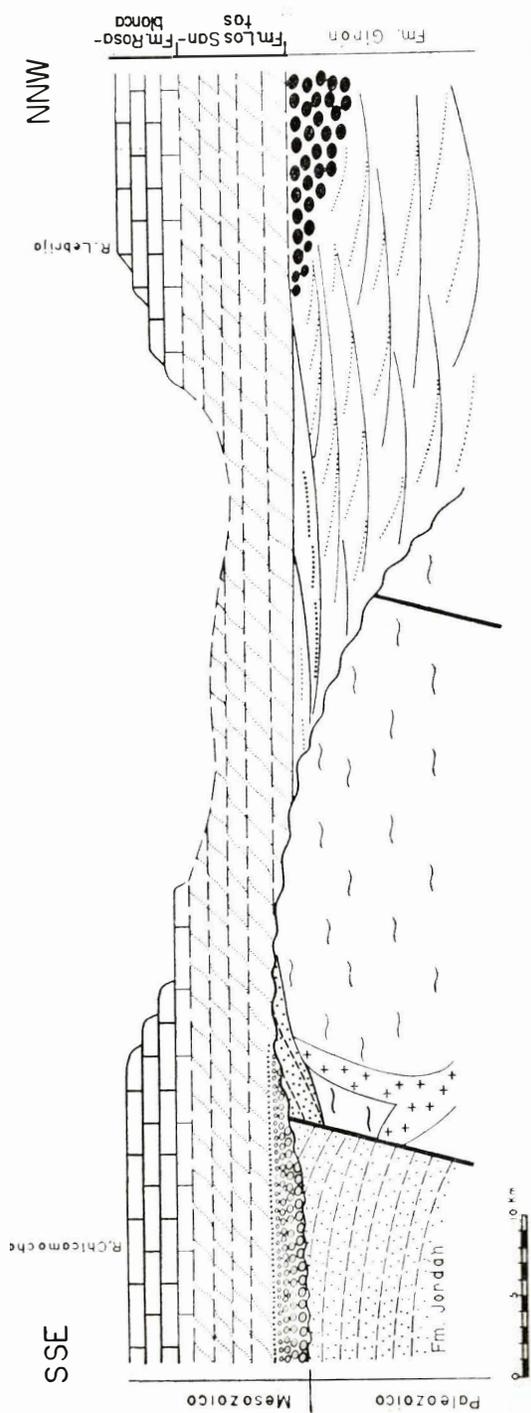


Fig.15 Posición del conglomerado basal de la formación Los Santos y del Conglomerado Rojo de la Formación Giron

En el borde E de la Cordillera Oriental aflora una sucesión de clásticos gruesos (seguramente de origen terrestre) en la base, seguidos de calizas y piroclásticos (Grupo Payandé). Los fósiles que contienen las calizas indican una edad triásica; la parte superior de la serie podría pertenecer al Jurásico (NELSON, 1957). BÜRGL (1964 : 17) supone que las calizas encontradas en el pozo Caimancito N° 1 (Colombian Petroleum Co.), en el N de la Cordillera Central, corresponden a las calizas de Payandé.

Los depósitos marinos que afloran en la laguna de Morrocoyal (Valle Bajo del Magdalena), compuestos principalmente por areniscas, shales, rocas volcánicas, contienen una fauna claramente jurásica (GEYER, 1967). Tanto esta serie de Morrocoyal como la de Payandé, fueron sedimentadas en un mar nerítico, tal como lo indican sus fósiles y litología (GEYER, 1967).

Dos perforaciones en el campo petrolero La Cira-Infantas¹⁰, directamente al W del Macizo de Santander y en el Valle Medio del Magdalena revelan la presencia de la Formación Los Santos. En el pozo Infantas N° 1613, debajo de las calizas de la Formación Rosablanca y a una profundidad de + 3.260 m se encuentra una sucesión de protocuarzitas claras y margas arenáceas rojas hasta gris oscuras; de esta serie se perforaron aproximadamente 100 m.

En el pozo Llanito N° 1, a 3.920 m de profundidad se perforaron aproximadamente 185 m de la misma secuencia de rocas.

4. Con base en algunas mediciones y observaciones constantes de la estratificación entrecruzada, particularmente en la sección del río Lebrija, pero también en toda el área trabajada, se puede asegurar que la dirección de transporte de las subgrauvacas es muy constante, siempre entre E-W y NE-SW. Especialmente en los conjuntos basales predomina la dirección E-W. En las areniscas de Los Santos se presentan direcciones de transporte principalmente entre NE-SW y N-S; solamente en la Mesa de Barichara (al S del área de trabajo) se observaron direcciones NW-SE. El rumbo regional de sedimentación ("regional depositional strike"), dado según la dirección de transporte de las areniscas, corre paralelo con la "fall-line". Estas observaciones, junto con el conocimiento que se tiene de

¹⁰ En una visita al Centro (Ecopetrol) tuve oportunidad de estudiar algunos corazones de perforaciones experimentales, por lo que deseo expresar mis agradecimientos al Geól. Jefe Sr. R. Bueno.

la petrografía de las areniscas de la Formación Girón y del Macizo de Santander, permite localizar con precisión la región fuente de las subgrauwacas, especialmente; ésta estaba al E-NE de la "fall-line" (Fig. 17).

5. La geometría del relleno de la cuenca, la paleopendiente y la petrografía de la Formación Girón indican claramente que todos estos clásticos fluviales y limnofluviátiles fueron depositados en una cuenca de subsidencia rápida, en cuyos bordes se presentan inconformidades no siempre reconocibles. Estos movimientos relativos de subsidencia y solevantamiento (erosión y sedimentación) hacen posible, según la ley de facies de Walther (ver pág. 76), que todo este sistema fluvial o terrestre cambie su facies en la misma dirección de transporte.
6. En el Mapa Geológico General de Colombia 1962 (ver también Fig. 1), se aprecia claramente que los depósitos de la Formación Girón ocupan una zona alargada, N-S al W del Macizo de Santander, que se prolonga hacia el S (Páramo La Rusia, pág. 85) y al W está cubierta por el Cretáceo (principalmente) del graben (STILLE, 1907), del Magdalena.

Los puntos expuestos hasta ahora (1-6) pueden resumirse en el esquema Fig. 17, que a su vez se puede completar hasta reproducir un "Modelo Sedimentario" (Sedimentary Model, POTTER & PETTIJOHN, 1963 : 226); para ello es necesario hacer inferencias o suposiciones, a favor de las cuales está la situación geológica regional y comparaciones con depósitos congenéticos:

1. El Grupo Girón alcanza su mayor espesor (\pm 4.840 m) en el cañón del río Lebrija, disminuyendo paulatinamente hacia el W. La acumulación máxima de sedimentos en este punto se debe al movimiento isostático que equilibra el solevantamiento de la región fuente (Macizo de Santander, s. s.).
2. La dirección E-W es no solamente dirección de transporte (paleopendiente) y gradiente de potencia, sino también gradiente facial, ya que en esta misma tiene lugar un cambio de facies, de fluvial (a salobre?) a marina. En forma correspondiente es de esperar en dirección E-W una disminución del tamaño del grano, o de la relación arenas/limos.

Resumiendo, la cuenca de la Formación Girón puede caracterizarse como un parageosinclinal (s. l.) con elongación N - S, en la cual la dirección de transporte es perpendicular al eje de la misma, siendo la acumulación de sedimentos mucho más potente en dirección a la región fuente (E), que en sentido contrario (W).

B) ORGANIZACION INTERNA Y DISTRIBUCION DE FACIES

La organización interna, las estructuras sedimentarias orientadas y la distribución de facies de un cuerpo de arenisca pertenecen todas, a un sistema controlado estrictamente por la geometría de la cuenca de sedimentación. Dentro de estas consideraciones es importante la ley de facies de Walther¹¹, formulada nuevamente por VISHNER (1965 : 41) y basado en estudios modernos de sucesiones verticales de facies: "where there are no time breaks in a sedimentary section, sediments that are laterally adjacent will succeed one another vertically".

En la organización interna del Grupo Girón y la distribución geográfica de sus distintas facies o subfacies, se observan algunas particularidades que bien vale la pena ser mencionadas:

En el centro de la cuenca, o sección del río Lebrija, se observa organización cíclica del perfil vertical (ver Fig. 6). El perfil del río Lebrija puede calificarse de "multistory", en el cual se distinguen cuatro megaciclotemas en sucesión vertical. Utilizando la terminología de ALLEN (1965) (ver Fig. 16), el megaciclotema I comienza con una "braided-stream-facies" (2); la "low-sinuosity-stream-facies" (3), está pobremente desarrollada; la "strongly-meandering-stream-facies" (4) constituye el cierre del primer megaciclotema. El megaciclotema II se diferencia muy poco del I. La base (Co. E) del megaciclotema III está desarrollada parcialmente en una "low-sinuosity-stream-facies" (3), en cambio la "strongly-meandering-stream-facies" está muy bien representada por Co. F. El megaciclotema IV comienza con una "braided-stream-facies" (2); la "low-sinuosity-stream-facies" no logra desarrollarse muy claramente. La continuidad de los ciclotemas terrestres fue obstaculizada por la irrupción de la facies marina (Co. H), que sin embargo permite reconocer relaciones litofaciales mediante la presencia de red beds (topstratum deposits).

En el caso hipotético de hundimiento relativo de una cuenca de sedimentación en forma estrictamente uniforme y regular, resultarían frecuentemente perfiles verticales en los que los modelos de ALLEN (Fig. 16) ininterrumpidamente se sucedería de (1) a (4), o perfiles longitudinales en los que los mismos modelos se sucederían horizontalmente y también de (1) a (4), sin interrupción alguna. El hecho real es que en el borde de los paragoesinclinales los movimientos diferenciales ocurren a lo largo de fallas

¹¹ Walther Johannes (1893-1894), *Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft*, Teil III: Lithogenesis der Gegenwart. 520 p. Fischer Verlag, Jena.

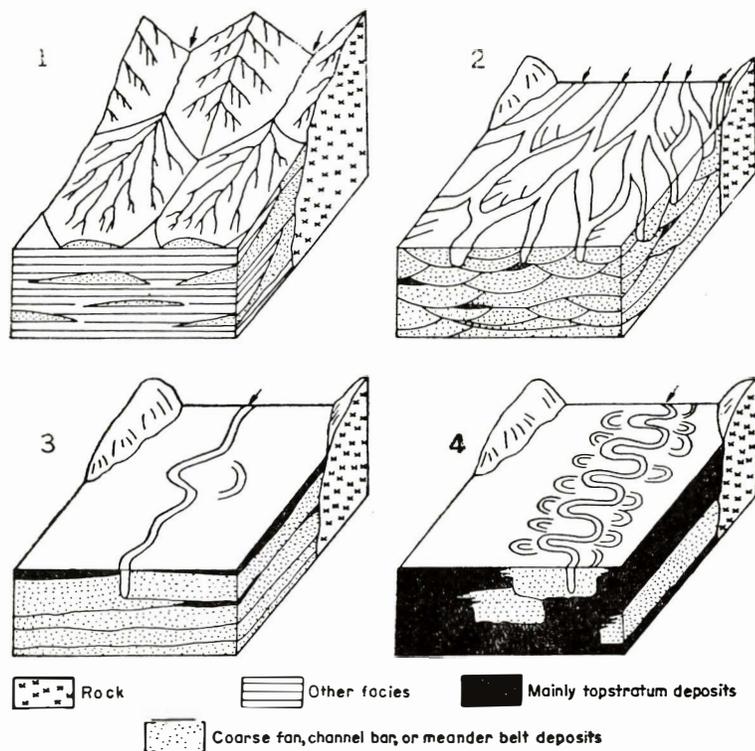


Fig. 16.— Modelos de facies (subfacies) aluviales, según ALLEN (1965)

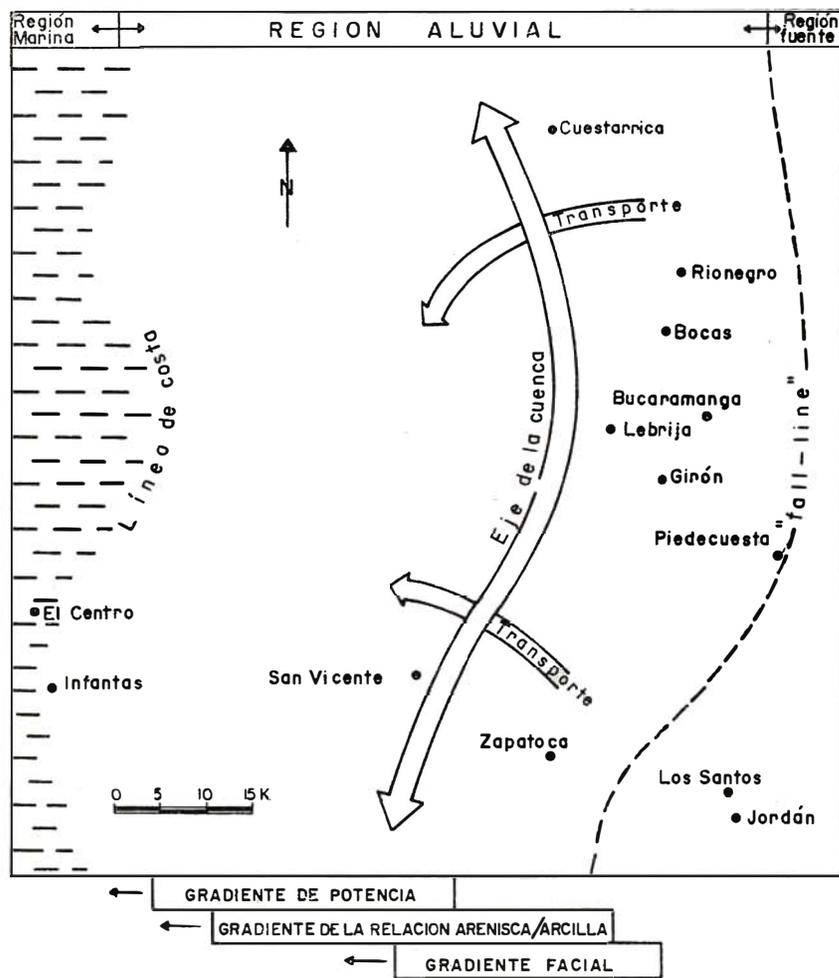


Fig. 17 Area de sedimentación de la Formación Girón W del Macizo Santander

importantes; la base de la erosión se desplaza continuamente, nuevas cuencas satélites se crean y la línea de la costa sufre variaciones, interdigitándose así los depósitos terrestres con los marinos. Es esta la razón por la que los modelos de Allen, en el perfil aquí estudiado, no estén representados regularmente sino que ajustándose al caso real, normal, algunos se repitan con frecuencia, otros no logren desarrollarse claramente, otros falten, etc.

Las reflexiones anteriores hacen pensar que solamente en el centro de la cuenca, el Grupo Girón tiene una organización cíclica y que por consiguiente paralelizar los conjuntos litológicos descritos en la sección del río Lebrija con conjuntos quizás similares en otras áreas, resulta extraordinariamente problemático. En la región estudiada, y tal como se mencionó ya en páginas anteriores, se puede diferenciar bien entre las areniscas de la Formación Girón y las areniscas de la Formación Los Santos, pero pretender reconocer con seguridad unidades litológicas inferiores (p. e., los conjuntos litológicos de la sección del Lebrija) dentro de la misma región tipo (p. e.: río Sogamoso, Zapatoca o Galán), carecería de bases suficientemente firmes. Aun suponiendo que la columna estratigráfica de la Formación Girón publicada por NAVAS (1963) fuera correcta, la representación cartográfica de la misma formación según JULIVERT et al. y TÉLLEZ (1964), no corresponde a la realidad.

R. L. LANGENHEIM (1959) comete el error, corregido posteriormente por J. H. LANGENHEIM (1961), de paralelizar los sedimentos aquí denominados Formación Jordán con las capas que infrayacen la Formación Los Santos en la Mesa de Ritoque; estas capas, de un espesor aproximado de 400 m, representan sin duda alguna, una facies, o subfacies de piedemonte de la Formación Girón, que por su proximidad a rocas de la Formación Jordán (y contener gran cantidad de material de esta última) muestra un color rojo intenso. Conglomerados de red beds con cantos hasta de 6 cm de diámetro y conglomerados de cuarzo con cantos hasta de 15 cm, son bastante frecuentes; de resto predominan areniscas y limolitas rojas. Con base en los restos de plantas fósiles encontradas en estas capas de Ritoque (Tab. 4) por LANGENHEIM (1961 : 114), es de suponerse que este conjunto litológico sea el más joven de la Formación Girón, es decir Jurásico.

El Conglomerado Rojo que aflora en el río Lebrija se discute hasta ahora, pues para entender su posición estratigráfica y origen, es requisito indispensable tener presente las consideraciones sedimentológicas hechas en las páginas anteriores. Tal como se describió ya (ver pág. 28), se trata de cantos fluviales, provenientes exclu-

sivamente de los red beds de la Formación Jordán. Al S del río Lebrija, en la Q. de Pujamanes, y en la misma posición estratigráfica se encuentra el mismo conglomerado, pero solamente de 4 m de potencia. Aproximadamente 1.5 km más al S en la Q. Volcán, el Conglomerado Rojo se reduce a dos lechos, separados por areniscas petrográficamente idénticas a las descritas de Co. G; en seguida continúan las protocuarzitas de la Formación Los Santos. Los sedimentos de piedemonte de Ritoque y estos conglomerados rojos en las areniscas más jóvenes de la Formación Girón son aproximadamente de la misma edad; ellos atestiguan solevantamientos fuertes de la región fuente hasta poco antes de la transgresión de Los Santos.

En el momento de producirse la transgresión del mar cretáceo en dirección general NW, encontró una superficie terrestre de topografía relativamente suave con peñones abruptos y aislados, compuestos principalmente por rocas cristalinas que ofrecieron la posibilidad de crear localmente un conglomerado de transgresión hasta de 15 m de espesor, depositado en pequeñas bahías o depresiones. Estos conglomerados presentan una gradación clara, y en la región estudiada están compuestos principalmente por bloques de cuarzo hasta de 30 cm de diámetro y cantos de rocas metamórficas o red beds en proporciones menores. Donde la transgresión de Los Santos encontró las areniscas de la Formación Girón, las retrabajó y redepositó sin que hubiera lugar a la formación de conglomerados o discordancia alguna (Fig. 15).

Es indispensable insistir aquí en la forma como este proceso de transgresión actuó, pues él suministra los criterios necesarios para trazar el límite estratigráfico entre las Formaciones del Grupo Girón, así como para distinguir entre los conglomerados fluviales en el tope de la Formación Girón y el conglomerado de transgresión de la Formación Los Santos. La potencia misma de los conglomerados puede también contribuir a entender su origen, según BARREL (1925 : 306) : "as gravel is not produced below the surf-line and as sea cliffs do not average over 100 to 200 feet high, it is clear that the average thickness of marine gravels, even if wholly preserved, is less than 100 feet and originally considerably less". En transgresiones sobre un terreno de más de 20° de pendiente, como es frecuente en deltas, BARREL (1925) calcula conglomerados de + 7 m de potencia promedio. CAILLEUX (1945) llama la atención sobre la orientación de los cantos de los conglomerados como característica para diferenciar su origen fluvial o marino.

La facies de la Formación Girón, la distribución de sus sub-facies y el desarrollo sedimentológico hasta aquí descrito, muestran

ya sin ambigüedades que la tan discutida pregunta acerca del conglomerado basal del Girón (LANGENHEIM, 1959 : 41 y NAVAS, 1963 : 27) carece de objetividad; la Formación Girón no tiene, ni puede tener, un conglomerado basal (= conglomerado de transgresión).

C) TECTO-SEDIMENTOLOGIA

El estudio de la cuenca del Girón y la petrografía de su relleno sedimentario conducen ineludiblemente a exponer la pregunta: Qué proceso tectónico produjo la acumulación de estas areniscas y red beds?

El Grupo Girón es una serie sedimentaria post-orogénica, una molasa típica (= "molasse trough" s. s., AUBOUIN, 1965 = parageo-sinclinal, s. l., STILLE, 1940).

Tres criterios fundamentales certifican esta aseveración:

1. La geometría y extensión (distribución regional) de estos sedimentos.
2. La asociación litológica y su organización cíclica.
3. La petrología y facies de toda la serie sedimentaria.

El calificar esta serie sedimentaria como una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental tiene implicaciones trascendentales, que merecen ser discutidas.

En las líneas siguientes se trata, sobre todo, de descifrar el desarrollo histórico-geológico de la actual Cordillera Oriental, para enmarcar, situar mejor, y entender sedimentológicamente el Grupo Girón. Estas reflexiones se basan principalmente en observaciones hechas en el Macizo de Santander; sin embargo, se considera también la situación geológica general al N y al S del mismo.

1. De acuerdo con STIBANE (1967), debe suponerse una cuenca intramontañosa ("Intramontane Senke") del Paleozoico superior (Devoniano, Carboniano, Pérmico), en la región ocupada actualmente por la Cordillera Oriental y el Valle del Magdalena. La edad del relleno sedimentario de esta cuenca se conoce por la fauna marina fósil que contiene (BÜRGL 1961, STIBANE, 1966 b). El conocimiento de estos sedimentos es aún imperfecto, pero suficiente para la discusión aquí propuesta.

2. Hacia el final del Paleozoico tuvo lugar una orogénesis; hasta el presente no se ha podido establecer su tipo, si alpino o germano. RADELLI (1962 c) hace presente que a lo largo de la Cordillera Central se puede identificar un magmatismo perteneciente a la orogenia variscica; a éste pertenecen las rocas graníticas del Macizo

de Santander. Al volcanismo básico de la Cordillera Oriental lo califica RADELLI (1962 b) de "volcanismo continental", en vez de volcanismo subsecuente, pues él confunde la Formación Jordán (que el mismo autor considera continental) donde este volcanismo parece ser más frecuente, con los depósitos post-orogénicos de la Formación Girón.

3. En el paso Paleozoico/Mesozoico comienza la erosión de la cordillera variscica. Las capas marinas entonces más jóvenes (Pérmico) sufren una denudación más severa. En el N (Serranía de Perijá), sin embargo, donde el solevantamiento tectónico parece haber sido menos intenso, el Pérmico se conservó casi completo. Simultáneamente se inicia la formación de la cuenca del Girón y la acumulación de varios miles de metros de subgrauwacas y red beds. El solevantamiento de la cordillera o el hundimiento de la cuenca al W del Macizo de Santander, se realiza en cuatro ciclos. Cada uno de estos ciclos termina con un período de quietud o para-estabilidad tectónica, marcado por la sedimentación de lutitas o clásticos más finos, en este caso por red beds.

4. Durante la sedimentación de la molasa del Girón, se desarrollaba al W de la cuenca un geosinclinal mesozoico, cuyo eugeosinclinal estaba situado principalmente en la región ocupada hoy por la Cordillera Central. Restos de los depósitos de plataforma de este eugeosinclinal se encuentran en el borde E de la Cordillera Central (Grupo Payandé, Formación Morrocoyal) y se interdigitan con los sedimentos terrestres de la molasa del Girón. Irrupciones esporádicas de este mar mesozoico hacia el E, dejaron depósitos salobres (Co. E del Grupo Girón?) o marinos (Formación Montebel), intercalados dentro de la serie terrestre. El volcanismo inicial (RADELLI 1962 b : 90) de este geosinclinal andino (Triásico hasta Cretáceo) arrojó rocas volcánicas hasta producir acumulaciones de + 10.000 m de potencia (Grupo Diabásico, NELSON 1957). Solamente hasta el final del Mesozoico se manifiesta un magmatismo sin o post-orogénico RADELLI (1962 b : 91). El Grupo Dagua, compuesto por + 2.000 m de rocas metamórficas y sedimentarias de las Cordilleras Central y Oriental, pertenece a este geosinclinal andino, considerado por BÜRGL (1961 a : 155) triásico-jurásico.

El desarrollo de la orogenia variscica y del geosinclinal mesozoico (geosinclinal andino), concebido así en el presente trabajo, contradice las ideas expuestas por otros autores, de los cuales se citan:

1. STIBANE (1966 a) supone una epirogénesis en el paso Paleozoico/Mesozoico, mediante la cual ocurre un cambio de facies,

de marina a terrestre, durante el Carboniano-Pérmico (STIBANE 1966 b : 122).

Esta suposición se basa en una paralelización errónea del Grupo Girón con los estratos (Carbonianos?) de Pipiral, en el Macizo de Quetame (ver pág. 86).

2. BÜRGL (1961 a : 158) de acuerdo con HUBACH (1931), supone un "Umbral Interandino" en la Cordillera Central durante el tiempo Girón.

Esta suposición es también innecesaria, ya que la molasa de Girón es el producto de la erosión de una cordillera variscica que ocupó la región de la actual Cordillera Oriental.

COMPARACION REGIONAL

A) PARAMO LA RUSIA

Aproximadamente 150 km al S de la localidad tipo del Grupo Girón aflora una serie de areniscas y red beds, calculada en 2.000 m de potencia; su infrayacente no aflora y en general las exposiciones no son muy extensas. El aspecto litológico de esta serie se asemeja mucho a la sección del río Lebrija, particularmente la parte inferior es idéntica a las areniscas y red beds de la columna tipo de la Formación Girón. Aproximadamente en la parte media se intercala una serie (quizás 1.000 m) de shales oscuros con pequeños bancos de areniscas finas y calizas (Formación Montebel), considerada de edad jurásica (ver Tab. 4), según la fauna y flora que contiene. En la parte superior de la serie de La Rusia aparece un conjunto de areniscas (areniscas de Arcabuco) que podrían compararse con el tercio superior del Grupo Girón. Faltan sin embargo estudios suficientemente detallados en el Páramo La Rusia para poder paralelizar estos dos depósitos. R. L. LANGENHEIM (1959) compara la parte media de la columna del río Lebrija (aprox. Co. E) con la Formación Montebel. Posteriormente J. H. LANGENHEIM (1961), con base en sus estudios paleobotánicos abandona esta opinión, es decir, que considera que los sedimentos de Santander son más antiguos. Si el conjunto E de la Formación Girón no es contemporáneo con la Formación Montebel, podría considerarse que estos dos depósitos representan un traslado heterocrono de facies. Hasta ahora puede asegurarse sí, que por lo menos la parte media a inferior de la sección del Páramo La Rusia representa la continuación septentrional de la molasa del Girón.

B) PARAMO DE SUMAPAZ (MACIZO DE QUETAME)

En la región del Páramo de Sumapaz (parte septentrional del Macizo de Quetame), STIBANE (1966 b : 70) encuentra una "serie carboniana extraordinaria" de aproximadamente 6.000 m de potencia, sin que su infrayacente aflore. La parte superior está compuesta principalmente por calizas (+ 1.200 m) y sedimentos rojos (+

1.000) en el tope. Las calizas representan depósitos de un mar somero, con una rica fauna de algas, fusulinas, briozoos, braquiópodos, gasterópodos, ostracodos, trilobites, crinóideos y conodontes. Los conodontes y foraminíferos permiten asignarle una edad carboniana superior a estos sedimentos; los sedimentos rojos podrían ser pérmicos (ver pág. 69). La parte basal (\pm 3.800 m) de toda la serie la describe STIBANE (1966 b : 71) como “un material con aspecto de flysch” y considera que esa “serie monótona de arcosas rojas, grauwas y arcillolitas puede haber sido depositada en un medio limno-fluviátil o quizás salobre”. Erróneamente denomina STIBANE (1966 b : 122) estos sedimentos clásticos que infrayacen el Carboniano superior (y Permiano?), “Paleogirón” y cree reconocer en él un tipo de facies particular del Carboniano.

Estos estratos habían sido ya descritos por L. KEHRER (1938 : 53-54) y denominados “Pipiral beds, which occur below the Carboniferous in the Quetame Massif between Bogotá and Villavicencio, in Colombia. Their age is not known with certainty, but it is assumed that they could represent lower Carboniferous”. También W. KEHRER (1939 : 5) menciona las capas de Pipiral, que cubren los “Quetame-Schichten” (según STIBANE 1967 : 633, Cambro-Ordoviciano). En la misma posición estratigráfica aparece la Formación Sabaneta, en la Cordillera de Mérida, Venezuela, comparable con las capas de Pipiral: “Below the fossiliferous shales and limestones of Permian and Upper Carboniferous age . . . there appears a body of hard sandstones and shales of reddish or greenish color, the Sabaneta group which in places greatly resembles the red beds of the La Quinta (Girón Formation). However, their position is undoubtedly below the Palmarito limestones. Plant remains are very frequent. Possibly they may be compared with the Pipiral beds”. (L. KEHRER 1938 : 53-54).

ARNOLD (1966) trabajó recientemente y en detalle las Formaciones Sabaneta y Palmarito. En su localidad tipo la Formación Sabaneta presenta una potencia de 3.360 m y cubre directamente la Formación Caparo (= Quetame-Schichten, STIBANE 1967 : 633); el mismo autor la subdivide en un “Lower Clastic Member” (1.880 m) y un “Upper Redbed Member” (1.480 m). Los estudios palinológicos preliminares en muestras tomadas del miembro superior hacen suponer una edad pérmica o quizás carboniana (ARNOLD 1966 : 2372). Los depósitos principalmente limnofluviátiles de la Formación Sabaneta pasan progresivamente a los marinos de la Formación Palmarito. Esta Formación contiene una fauna rica (fusulinas, corales, briozoos, braquiópodos, gasterópodos, lamelibranchios, trilobites, ostracodos y crinóideos) que indican una edad

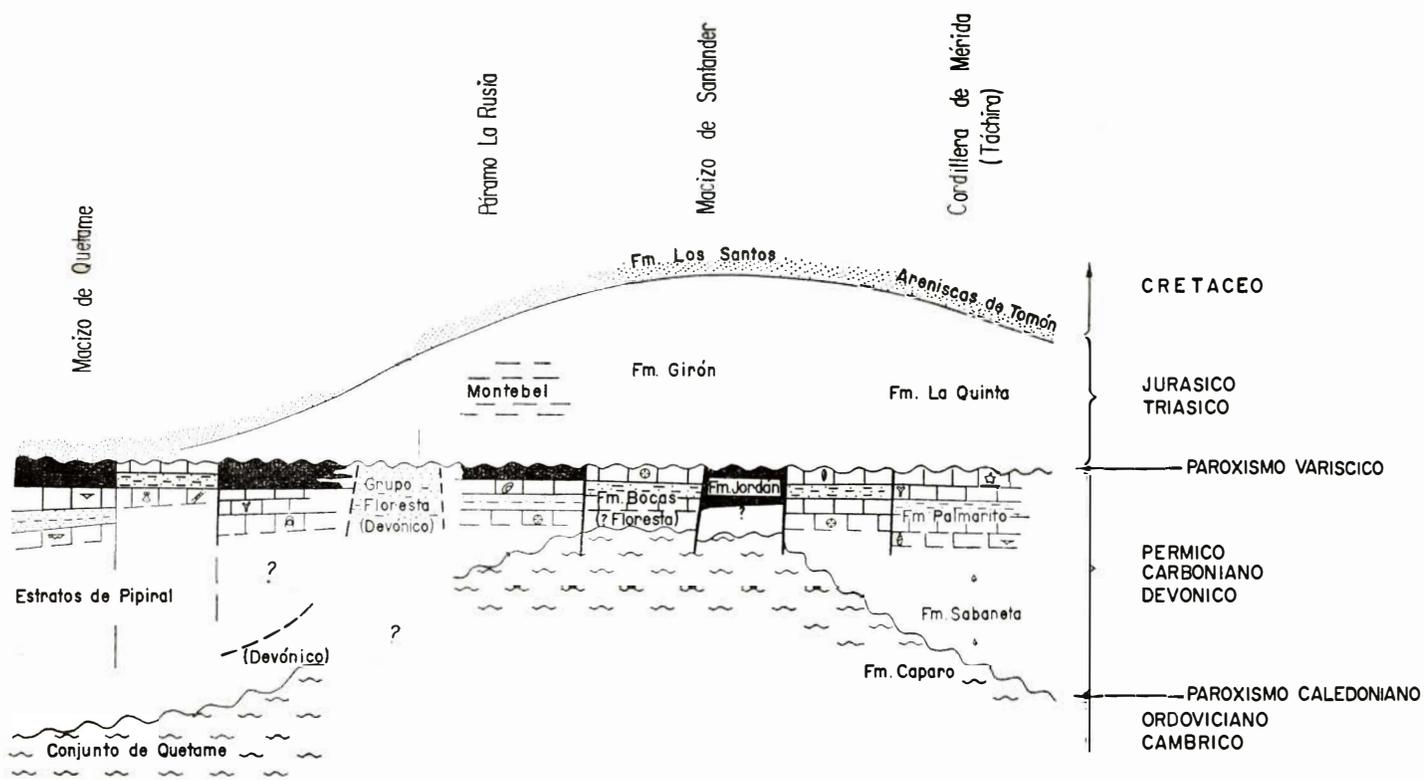


Fig. 18. Las formaciones del Paleozoico Superior y Mesozoico Inferior en la Cordillera Oriental de Colombia y la Cordillera de Mérida (Táchira), Venezuela.

permiana inferior; es posible que los estratos más bajos pertenezcan al Carboniano inferior (ARNOLD 1966 : 2378).

La información que se tiene sobre las Formaciones Bocas, Palmarito y el conjunto de calizas descrito por STIBANE (1966 b) en el perfil del Páramo de Sumapaz, muestra sin duda, que estos depósitos marinos pertenecen todos a una misma provincia sedimentológica y que si existen diferencias de edades entre ellos, no logran gran importancia. A éstos se suman los depósitos pérmicos de la Serranía de Perijá, aquí con una fauna aún más rica (principalmente amonitas y fusulinas) que quizás lleguen hasta el Permiano superior.

Finalmente, debe insistirse, una vez más, en la ausencia de sedimentos equivalentes al Grupo Girón en el Macizo de Quetame.

C) LA FORMACION LA QUINTA

Tal como en el Macizo de Santander, en la Cordillera de Mérida se puede reconocer una orogenia varíscica. Las intrusiones graníticas datadas en Venezuela indican una edad pérmica media (ARNOLD 1966 : 2378). La Formación Palmarito, citada arriba, infrayace discordantemente la Formación La Quinta. Las capas basales de la Formación La Quinta contienen cantos de calizas, localmente conglomerados de calizas con una fauna de gasterópodos, crinoideos y fusulinas pertenecientes a la Formación Palmarito (SCHAUB 1945). Según KÜNDIG (1938 : 31-32), la Formación La Quinta se subdivide en su localidad tipo (3.5 km al W de La Grita, Táchira, es decir, a aprox. 170 km al NE de Bucaramanga en tres conjuntos litológicos, así:

1. Un conjunto basal (+ 400 m) de conglomerados y areniscas arcillosas rojas.
2. Un conjunto medio (+ 500 m) de lutitas rojas con intercalaciones de areniscas con estratificación entrecruzada.
3. Un conjunto superior (\pm 500 m) de areniscas rojas con estratificación entrecruzada.

Las areniscas de Tomón (= Formación Rionegro = Cretáceo inferior) cubren concordantemente las areniscas de la Formación La Quinta. Al igual que en el Macizo de Santander, la edad de estos depósitos, post-varíscicos en la Cordillera de Mérida, resulta de su posición estratigráfica entre sedimentos marinos del Permiano y del Cretáceo. De la Formación La Quinta se conocen, además, restos de peces del género *Lepidotus* (en el conjunto medio), que indicarían una edad jurásica (RIVEROS 1956 : 322). Ya varios autores

han paralelizado la Formación La Quinta con la Formación Girón (p. e.: STAPPENBECK 1927, LIDDLE 1928, SCHUCHERT 1935). RIVEROS (1956 : 317) presenta una discusión y bibliografía completas sobre este punto. Aunque faltan estudios sedimentológicos o análisis de facies detallados de la Formación La Quinta, no cabe duda que estos sedimentos en Venezuela son la continuación meridional de la molasa del Girón. El presente estudio confirma la correlación de estas unidades estratigráficas a la vez que paleogeográficamente delimita una cordillera variscica que existió en una región hoy ocupada por la Cordillera Oriental de Colombia (parte septentrional) y continúa en la Cordillera de Mérida (parte SW), Venezuela.

B I B L I O G R A F I A

- ALLEN, J. R. L., 1962. — Petrology, origin and deposition of the highest Lower Old Red Sandstone of Shropshire, England. *Jour. Sed. Petrol.*, *32*, 4, 657-697.
- 1963. — The classification of cross-stratified units. With notes on their origin. *Sedimentology*, *2*, 93-114.
- 1965. — A review of the origin and characteristics of alluvial sediments. *Sedimentology*, *5*, 2, 89-191.
- ARNOLD, H. C., 1966. — Upper Paleozoic Sabaneta-Palmarito sequence of Mérida Andes, Venezuela. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, *50*, 11, 2366-2387.
- AUBOUIN, J., 1965. — Geosynclines. *Developments in Geotectonics I*. 235 p. Elsevier Publ. Co. Amsterdam.
- BARREL, L., 1925. — Marine and terrestrial conglomerates. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, *36*, 279-345.
- BLATT, H. and CHRISTIE, J. M., 1963. — Undulatory extinction in quartz of igneous and metamorphic rocks and its significance in provenance studies of sedimentary rocks. *Jour. Sed. Petrol.*, *33*, 3, 559-579.
- BORKMAN, J. W., 1952. — Clastic quartz particles as indices of provenance. *Jour. Sed. Petrol.*, *22*, 1, 17-24.
- BRÜCKNER, W. D., 1954. — Note on some fossils from the Girón Group in the Río Lebrija Valley, Department of Santander, Colombia. *Jour. Paleont.*, *28*, 1, 112-113.
- BÜRGL, H., 1961a. — Historia Geológica de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exat. Fis. y Nat.*, *11*, 43, 137-191. Bogotá.
- 1961b. — El Jurásico e Infracretáceo del Río Batá, Boyacá. *Bol. Geol.*, *6*, 1-3, 129-168. Bogotá.
- 1964. — El "Jura-Triásico" de Colombia. *Bol. Geol.*, *12*, 1-2, 5-31. Bogotá.
- CAILLEUX, A., 1945. — Distinction des galets marins et fluviatiles. *Soc. Geol. France Bull.*, *15*, 375-404.
- CARROZI, A. V., 1960. — *Microscopic Sedimentary Petrography*. 485 p. John Wiley & Sons, Inc., New York.

- CARROL, D., 1958. — Role of clay minerals in the transportation of iron. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 14, 1-27.
- CHRONIC, H., 1953. — En: NEWELL, N. D., CHRONIC, H. & ROBERTS, TH. G.: Upper Paleozoic in Perú. *Geol. Soc. Ame. Memoir* 58, 276 p.
- CLARK, J., 1962. — Field interpretation of Redbeds. *Geol. Soc. Ame. Bull.*, 73, 423-428.
- CORYELL, H. N. & MALKIN, D., 1935. — Paleontología de la Sección del Lebrija, Departamento de Santander, Colombia (Traducción española corregida por J. Royo y Gómez, 1942). S. G. N., Inf. N° 71. C 67. Bogotá.
- DEGENS, E. T., 1965. — *Geochemistry of Sediments*. Prentice-Hall, Inc. Englewood, N. J.
- DICKEY, P. A., 1941. — Jurassic-Cretaceous (Girón) Beds in Colombia and Venezuela. *Ame. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 24, 2, 1611-1619.
- ETAYO, F., 1964. — Posición de las faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. *Bol. Geol. UIS.*, 16-17, 3-141. Bucaramanga.
- FOLK, R. L., 1951. — Stages of textural maturity in sedimentary rocks. *Jour. Sed. Petrol.*, 21, 3, 127-130.
- FRIPIAT, J. J., GASTUCHE, M. C. & COUVREUR, J., 1953. — Complexes of kaolinite with ferric oxides. *Bull. Acad. Belg. Cl. Sci.*, 39, 890-900.
- FÜCHTBAUER, H., 1963. — Zum Einfluss des Ablagerungsmilieus auf die Farbe von Biotiten und Turmalinen. In: *Unterscheidungs-möglichkeiten mariner und nicht mariner Sedimente*. Fortsch. Geol. Rheinland, Westfalen, 10, 331-336.
- GORDON, D. W., 1966. — Origin of shale-pebble conglomerates. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 50, 3, 573-577.
- GERTH, H., 1955. — *Der geologische Bau der Südamerikanischen Kordillere*. Gebrüder Borntraeger. 264 S., Berlín.
- GEYER, O. F., 1967. — Das Typus-Profil der Morrocoyal-Formation (Unterlias; Depto. Bolívar, Kolumbien). *Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient.* 1, 53-63.
- HALMITON, E. I., 1965. — *Applied Geochronology*. Academic Press, London, New York.
- HEALD, M. T., 1956. — Stylolites in Sandstones. *Jour. Geol.*, 63, 101-114.
- 1956a. — Cementation of triassic arkoses in Connecticut and Massachusetts. *Geol. Soc. Ame. Bull.*, 67, 1133-1154.
- HEALD, M. T., 1956b. — Cementation of Simpton and St. Peter Sandstones in parts of Oklahoma, Arkansas and Missouri. *Jour. Geol.*, 64, 16-30.
- HEALD, M. T. & RENTON, J. J., 1966. — Experimental study of Sandstone cementation. *Jour. Sed. Petrol.*, 36, 4, 977-991.

- HEDBERG, H. D., 1942. — Mesozoic Stratigraphy of Northern South America. *Procc. VIII Ame. Sci. Congr.*, 4, 208 p. New York.
- HETTNER, A., 1892. — Die Kordillere von Bogotá. *Petermanns Mitt., Erg. Heft* 104, 131 S. Gotha.
- HOUTEN, F. B. van, 1961. — Climatic significance of Red Beds. In: Nairn, A. E. M. (Editor). *Descriptive Paleoclimatology*. 89-139. Interscience Publ. Inc. New York.
- HUBACH, E., 1931. — Geología Petrolífera del Departamento de Santander. *Inf. S. G. N. N° 224*. 461 p. Bogotá.
- 1957. — Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. *S. G. N. Inf. N° 1212*, Bogotá.
- HUCKENHOLZ, H. G., 1963. — A contribution to the classification of sandstones. *Geol. Fören. i. Stockholm Förh.*, 85, 156-172.
- ILLIES, H. 1949. — Die Schrägschichtung in fluviatil und litoralen Sedimenten, ihre Ursache, Messung und Auswertung. *Mitt. Geol. Staatsinstitut Hamburg*, 19, 89-109.
- INGERSON, E. & RAMISCH, J. L., 1942. — Origin of shapes of quartz sand grains, *Ame. Mineral.*, 27, 595-606.
- INMAN, D. L., 1949. — Sorting of Sediments in the Light of Fluid Mechanics. *Jour. Sed. Petrol.*, 19, 51-70.
- JACOBS, J. A. RUSSELL, R. D. & WILSON, J. T., 1959. — *Physics and Geology*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London.
- JOPLING, A. V., 1966. — Some principles and techniques used in reconstructing the hydraulic parameters of paleo-flow regime. *Jour. Sed. Petrol.*, 36, 1, 5-49.
- JULIVERT, M., 1958. — La morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia, S. A.). *Bol. Geol. UIS.*, 1, 7-43, Bucaramanga.
- JULIVERT, M., BARRERO, D. & NAVAS, G., 1964. — Geología de la Mesa de Los Santos. *Bol. Geol. UIS.*, 18, 5-11, Bucaramanga.
- KARSTEN, H., 1856. — *Géologie de l'ancienne Colombie bolivarienne, Venezuela, Nouvelle-Grénade et Ecuador*. 60 p. Berlin, Friedländer.
- KEHRER, L., 1937. — Some observations on Cretaceous and Pre-Cretaceous beds in the southwestern and north-central parts of Venezuela. *Bol. Geol. Minas*, I, 2-4, 47-70, Caracas.
- 1938. — Algunas observaciones sobre la estratigrafía en el Estado de Táchira, Venezuela. *Bol. Geol. Minas*, II, 2-4, 44-56. Caracas.
- KEHRER, W., 1939. — Zur Geologie der südlichen Zentral und Ostkordillere der Republik Kolumbien. *N. Jahrb. Min. etc.*, Beilageband 80, 1-30. Stuttgart.
- KELLER, W. D., & LITTLEFIELD, R. F., 1950. — Inclusions in the quartz of igneous and metamorphic rocks. *Jour. Sed. Petrol.*, 20, 74-84.

- KRYNINE, P. D., 1940. — Petrology and genesis of the Third Bradford Sand. Penn. State College, Mineral Industries Expt. Sta., Bull., 29, 134 p.
- 1949. — The origin of Red Beds. Transact. New York Acad., ser. 2, 11, 60-67.
- KÜNDIG, E., 1938. — Las rocas pre-Cretáceas de los Andes centrales de Venezuela con algunas observaciones sobre su tectónica. Bol. Geol., Minas, II, 2-4, 21-43. Caracas.
- LANGENHEIM, J. H., 1959. — Preliminary notes on plant fossils from late paleozoic and early mesozoic rocks in the Cordillera Oriental of Colombia. Bol. Geol. UIS., 3, 51-53. Bucaramanga.
- 1961. — Late paleozoic and early mesozoic plants fossils from the Cordillera Oriental of Colombia and correlation of the Girón Formation. Bol. Geol., 8, 1-3, 95-132. Bogotá.
- LANGENHEIM, R. L., 1959. — Preliminary report on the stratigraphy of the Girón Formation in Santander and Boyacá. Bol. Geol. UIS., 3, 35-50. Bucaramanga.
- LIDDLE, R. A., 1928. — The geology of Venezuela and Trinidad. J. P. McGowan, Fort Worth, Texas, 552 p.
- LINCK, O., 1943. — Fossile Wurzelböden aus dem Mittleren Keuper. Natur u. Volk, 73, 226-234. Frankfurt.
- LOUIS, H., 1964. — Abtragung und Aufschüttung durch das fließende Wasser und die dabei entstehende Formen. In: Brinkmann, R. Lehrbuch der Allgemeinen Geologie, Bd. I, 129-176. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart.
- MACKIE, W., 1896. — The sands and sandstones of eastern Moray. Edinburg Geol. Soc. Transact., 7, 148-172.
- MCBRIDE, E. F., 1963. — A classification of common sandstones. Jour. Sed. Petrol., 33, 3, 664-669.
- MCKEE, E. D. & WEIR, G. W., 1953. — Terminology for stratification and cross-stratification in sedimentary rocks. Geol. Soc. Amer. Bull., 64, 381-390.
- MORALES, L. G. & Colombian Petroleum Industry, 1958. — General Geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. In: Weeks, L. G., Habitat of Oil, 641-695. Amer. Assoc. Petrol. Geol.
- MÜLLER, G., 1964. — Methoden der Sedimentuntersuchung. 301 S., Schweizerbartische Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- NAVAS, J., 1962. — Geología del Carbonífero al N de Bucaramanga. Bol. Geol. UIS., 81, 23-34. Bucaramanga.
- 1963. — Estudio estratigráfico del Girón al W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental). Bol. Geol. UIS., 12, 19-33. Bucaramanga.
- NELSON, H. W., 1957. — Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali. Leidse Geol. Meded., deel 22, 1-76, Leiden.

- OLSSON, A. A., 1956. — Colombia. In: Jenks, W. F., Handbook of South American Geology. Geol. Soc. Amer. Memoir 65, 293-326.
- OPPENHEIM, V., 1937. — Contribución a la Geología de los Andes Venezolanos. Bol. Geol. Minas, I, 2-4, 23-43. Caracas.
- 1940. — Jurassic-Cretaceous (Girón) in Colombia and Venezuela. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 24, 9, 1611-1619.
- PETTIJOHN, F. J., 1954. — Classification of sandstones. Jour. Geology, 62, 360-365.
- 1957. — Sedimentary rocks. 2d. Ed. 718 p., Harper & Brothers. New York.
- PETTIJOHN, F. J. & POTTER, P. E., 1964. — Atlas and glossary of primary sedimentary structures. 370 p. Springer-Verlag.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. & SIEVER, R., 1965. — Geology of Sand and Sandstone. 208 p. Indiana Geol. Surv. and Dept. Geol. Indiana University. Bloomington.
- POTTER, P. E. & PETTIJOHN, F. J., 1963. — Paleocurrents and basin analysis. 296 p. Springer-Verlag.
- RADELLI, L., 1962a. — Acerca de la geología de la Serranía de Perijá entre Codazzi y Villanueva (Magdalena-Guajira, Colombia). Geol. Colombiana, 1, 23-41. Bogotá.
- 1962b. — Un cuadro preliminar de las épocas magmáticas y metalogénicas de los Andes Colombianos. Geol. Colombiana, 3, 87-97. Bogotá.
- 1962c. — Les formations eruptives hercyniennes de la Cordillère Orientale de Colombie (Sud. Am.). Geol. Colombiana, 3, 99-124. Bogotá.
- 1967. — Géologie des Andes Colombiennes. Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté de Sciences de Grenoble. Mémoires N° 6, 471 p., 162 fig.
- RITTENHOUSE, G., 1961. — Problems and principles of sand-body classification. In: Peterson, J. A. & Osmond, J. C. (Editors). Geometry of Sandstone Bodies, 3-12, Amer. Assoc. Petrol. Geol.
- RIVERO, F. DE, 1956. — La Quinta (Formación). In: Lexique Stratigraphique International, Fascicule 3, Venezuela, 317-324. Paris.
- SCHAUB, H. P., 1945. — Fusulinids in La Quinta Formation, Venezuela. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 28, 11, 1642-1648.
- SCHIEBE, E. A., 1938. — Estudios Geológicos sobre la Cordillera Oriental. Estud. Geol. Paleont. Cord. Orient. Colomb., 1, 1-58. Bogotá.
- SCHUCHERT, CH., 1935. — Historical geology of the Antillean-Caribbean Region. 811 p., John Willey & Son, New York, London.
- SIEVERS, W., 1888. — Die Sierra Nevada de Santa Marta und die Sierra de Perijá. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, 23, 1-2, 1-158. Berlin.

- SLOSS, L. L. & FERAY, S. E., 1948. — Microstylolites in Sandstones. *Jour. Sed. Petrol.*, 18, 1, 3-13.
- STAPPENBECK, R., 1927. — Über Transgressionen und Regressionen des Meeres und Gebirgsbildung in Südamerika. *N. Jahrb. Min. Geol. etc., Beilageband 58*, 453-496.
- STIBANE, F. R., 1966a. — Orogenese und Epirogenese in den Anden Kolumbiens, Südamerika. *Natur u. Museum*, 96, 2, 69-73.
- 1966b. — Zur Geologie von Kolumbien, S. A. Das Quetame und Garzón-Massiv. *Geol. Paläont. Inst. Justus Liebig Universität, Giessen* (140 S. inédito).
- 1967. — Paläogeographie und Tektogenese der kolumbianischen Anden. *Geol. Rdsch.*, 56, 629-642.
- STILLE, H., 1907. — Geologische Studien im Gebiet des Río Magdalena. *V. Koenen-Festschrift*, 227-258, Stuttgart.
- 1940. — Einführung in den Bau Amerikas. 719 S., Gebrüder Borntraeger. Berlin.
- SUTTON, F. A., 1946. — Geology of Maracaibo Basin, Venezuela. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 30, 10, 1621-1741.
- TÉLLEZ, N., 1964. — Geología de la Mesa de Barichara. *Bol Geol.* 18, U. I. S. 12-21. Bucaramanga.
- TERMIER, H. & G., 1960. — Paléontologie Stratigraphique. Masson & Cie. Editeurs. Paris.
- THOMSON, A., 1959. — Pressure solution and porosity. In: *Silica in Sediments. Soc. Econom. Paleont. Miner.*, 7, 92-110.
- TRUMPY, D., 1943. — Pre-Cretaceous of Colombia. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 54, 1281-1304.
- VISHER, G. S., 1965. — Use of vertical profile in environmental reconstruction. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 49, 1, 51-61.

EXPLICACION DE LAS LAMINAS:

LAMINA I.

1. Subgrauwaca de la Formación Girón. Columna estratigráfica en el río Lebrija, Co. E. Muestra 10068 (13). Ampliación 35 veces. Nicols X.
2. Protocarcita de la Formación Los Santos, sección del río Chicamocha. Muestra 10112. Ampliación 35 veces. Nicols X.
3. Red bed de la Formación Girón. Columna estratigráfica en el río Lebrija, Co. B. Muestra 10034. Ampliación 560 veces. Nicols.
4. Red bed de la Formación Jordán, sección del río Chicamocha. Muestra 10100. Ampliación 560 veces. Nicols.

LAMINA Ia.

1. Calcos de vescículas de arcilla ("shale-pebble-conglomerate") y conglomerado de cuarzo. Formación Girón, Co. A. Río Lebrija.
2. Conglomerado de vescículas de arcilla, areniscas y cuarzo. Formación Girón, Co. G. Quebrada Piedra Azul.
3. Estratificación entrecruzada cóncava ("trough-cross-stratification") en red beds de la Formación Girón.
4. Estratificación entrecruzada simple ("large scale") en el Conjunto D de la Formación Girón. Río Lebrija.

LAMINA I



1



2



3

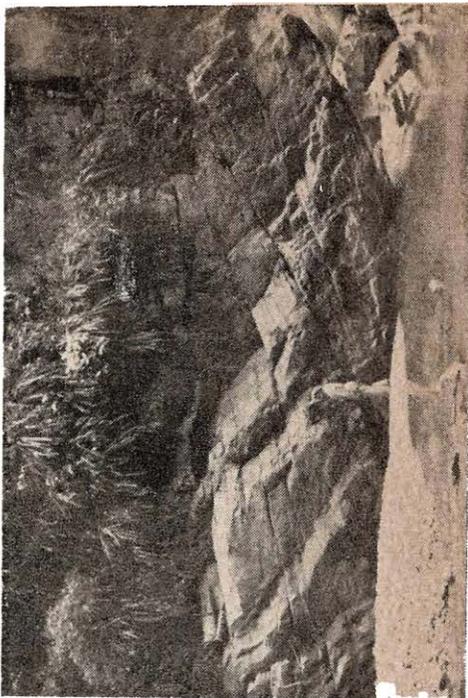


4

LAMINA 1-A



3



4



5



2

**LA CAVERNA DEL NUS,
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA**

POR

TOMAS FEININGER

U. S. GEOLOGICAL SURVEY

Y

HERNAN GOMEZ M.

INVENTARIO MINERO NACIONAL

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
GEOLOGICO - MINERAS
BIBLIOTECA**

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, D. E. 1968

CONTENIDO:

	Páginas
Resumen - Abstract	101
INTRODUCCION	103
Agradecimientos	103
LOCALIZACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA	104
LA CAVERNA DEL NUS	106
Salones	108
Ornamentación	108
Piedra de flujo ("flowstone")	109
Estalactitas	109
Estalagmitas	109
Depósitos de piso	109
ORIGEN Y EDAD DE LA CAVERNA DEL NUS	110
BIBLIOGRAFÍA	111

ILUSTRACIONES

Fig. 1. Croquis de la geología en la vecindad de la Caverna del Nus.	105
Fig. 2. Croquis de la Caverna del Nus a cinta y brújula	107
Fig. 3. Salón VI, Caverna del Nus.	
Fig. 4. Salón pequeño entre los salones IV y V.	
Fig. 5. Piedra de flujo ("flowstone") en el salón VIII.	
Fig. 6. Estalagmita grande, salón VI.	
Fig. 7. Estalagmita grande, salón VI.	

R E S U M E N

La Caverna del Nus está situada en lo alto de un peñol de mármol de bajo grado de metamorfismo, entre los ríos Nus y Samaná. El mármol está delimitado hacia el este y el oeste por fallas mayores.

La caverna está formada por nueve salones cuya área de piso es de 5.750 m² aproximadamente. La caverna mide 220 m de norte a sur, por 50 m de este a oeste. Los salones están ornamentados con depósitos secundarios de calcita en forma de piedra de flujo ("flowstone"), estalactitas y estalagmitas. Los pisos de los salones están cubiertos por bloques que han caído de los techos, y por lodo pardo oscuro. Los peñoles de mármol adyacentes al que contiene la Caverna del Nus están cruzados por numerosas cuevas.

La Caverna del Nus está ahora completamente por encima del nivel del agua subterránea. Se formó por solución bajo el nivel freático, antes del solevantamiento regional y la consecuente disección de los cañones, que la dejaron aislada en lo alto de un peñol. El solevantamiento regional es Plioceno (?) o más joven. Por consiguiente la edad mínima de la Caverna del Nus está comprendida entre uno y once millones de años.

A B S T R A C T

The Nus cavern occurs high in a peñol of marble of low metamorphic grade between the Nus and Samaná rivers. The marble is bounded to the east and west by major faults.

The cavern consists of nine rooms whose floor area is about 5.750 m². The full extent of the cavern is 220 m north-south by 50 m east-west. The rooms are ornamented with secondary calcite deposits as flowstone, stalactites and stalagmites. The floors of the rooms are strewn with blocks that have fallen from the ceilings, and dark brown mud. Peñoles of marble adjacent to the one that hosts the Nus cavern are riddled with caves.

The Nus cavern is now entirely above the water table. The cavern formed by solution beneath the water table prior to regional uplift and attendant canyon cutting which left it isolated high in a peñol. The regional uplift is Pliocene (?) or younger. The minimum age of the Nus cavern is therefore between one and eleven million years.

INTRODUCCION

En septiembre de 1967 en el curso del mapeo regional para el Inventario Minero Nacional, uno de nosotros (H. G. M.) visitó una extensa caverna localizada entre los ríos Nus y Samaná. La caverna era ya conocida por los campesinos de la región, pero aparentemente nadie la había penetrado a profundidad. Gómez hizo una exploración de reconocimiento de ella y tomó algunas fotografías. A raíz de esta visita y de una posterior del Dr. Darío Suescún G., entonces Director del Proyecto del Inventario Minero, la caverna recibió amplia publicidad. Fue el Dr. Suescún quien la llamó “Caverna del Nus”.

A principios de noviembre, menos de dos meses después de la visita inicial de Gómez, Robert Smeaton, voluntario de los Cuerpos de Paz y espeleólogo aficionado, acompañó a Feininger a la caverna. Se emplearon dos días en la exploración, durante los cuales se levantó un croquis a cinta y brújula, de toda su extensión y Smeaton tomó fotografías en colores, del interior. El tercer día se empleó en la exploración de cuevas cercanas más pequeñas.

El objeto de este informe es la descripción de la Caverna del Nus con un poco de detalle y la discusión de su origen y de su edad. Además se reproducen cinco fotografías (Figs. 3 a 7) en colores, del interior de ella, tomadas por Smeaton, como también el mapa levantado a cinta y brújula (Fig. 2).

RECONOCIMIENTOS

Hizo posible este informe, la colaboración de las siguientes personas y entidades: don Hernando Vélez y don Ramiro Echeverri de la empresa “Turantioquia”; el Dr. Arturo Castaño de “Cementos Nare S. A.”; el profesor Néstor Castro de la Facultad Nacional de Minas de Medellín; Mr. Joe Mitchell, representante regional en Antioquia de los Cuerpos de Paz, y el Inventario Minero Nacional. Sin embargo, estamos particularmente agradecidos con Mr. Smeaton por las hermosas fotografías presentadas en este informe y por su ayuda en el mapeo de la caverna.

LOCALIZACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

La Caverna del Nus está situada a 1 km al norte del río Samaná, desde un punto localizado a 15 km aproximadamente aguas arriba del río Magdalena (Fig. 1). El acceso más fácil a ella es por el río Samaná, hasta la planta hidroeléctrica de Cementos Nare (35 minutos por lancha de motor fuera de borda desde el Magdalena). De la planta a la entrada de la caverna hay 45 minutos a pie. También se puede llegar a ella desde Virginias (sobre el ferrocarril de Antioquia, 40 kms. al oeste de Puerto Berrío), pero es un viaje duro de tres horas a caballo.

El clima del área es húmedo, tropical. El promedio de la temperatura varía entre 25 a 28°C, dependiendo de la altura. No hay variedad de estaciones por estar situada cerca al ecuador (con latitud aproximadamente 6°N), razón por la cual no se conoce la escarcha. La precipitación anual varía entre 400 y 500 cm (155 a 200 pulgadas), muy uniforme en todo el año, aunque en enero y febrero hay tendencia de sequía (Banco de la República, 1959, cartograma N° 3).

La geología del área alrededor de la caverna es compleja (Fig. 1). La caverna está localizada en mármoles que asociados con esquistos ricos en cuarzo, forman un cinturón con dirección general nor-noroeste. Hacia el este, el mármol y los esquistos están interestratificados, pero el contacto al oeste está fallado. Las rocas en el cinturón de mármol están intensamente plegadas y han sufrido metamorfismo regional de bajo grado (facies de esquistos verdes).

Dos grandes fallas regionales delimitan el cinturón de mármol: al este por la falla Otú, y al oeste por la falla Palestina. Tres kms. al norte de la Caverna del Nus, estas fallas se juntan terminando en punta el cinturón de mármol (Fig. 1). La cuarzodiorita (en parte migmatítica) al este de la falla Otú, probablemente está relacionada con el batolito antioqueño. La falla Palestina, la más joven de las dos fallas, es de desplazamiento horizontal en sentido derecho-lateral. Las rocas al oeste de la falla Palestina son principalmente neises de feldespato, cuarzo y mica, que fueron metamorfoseados regionalmente, a un grado muy superior (facies superior de anfibolita) a las rocas del cinturón de mármol.

La edad del mármol no se conoce con precisión. Los esquistos ricos en cuarzo, que se encuentran hacia el este en conformidad con el mármol, son litológicamente similares a la filita de La Cristalina, 15 kilómetros al noreste, que contiene graptolites ordovicianos (BOTERO A., 1940). Las dos rocas pueden ser correlativas. La

FOTOGRAFÍAS POR ROBERT SMEATON

Fig. 3. Salón VI, Caverna del Nus:
Luz natural.





Fig. 4. Salón pequeño entre los salones IV y V.
Luz de "Flash" múltiple.

Fig. 5. Piedra de flujo ("flowstone") en el salón VIII.
Luz de "Flash" simple.



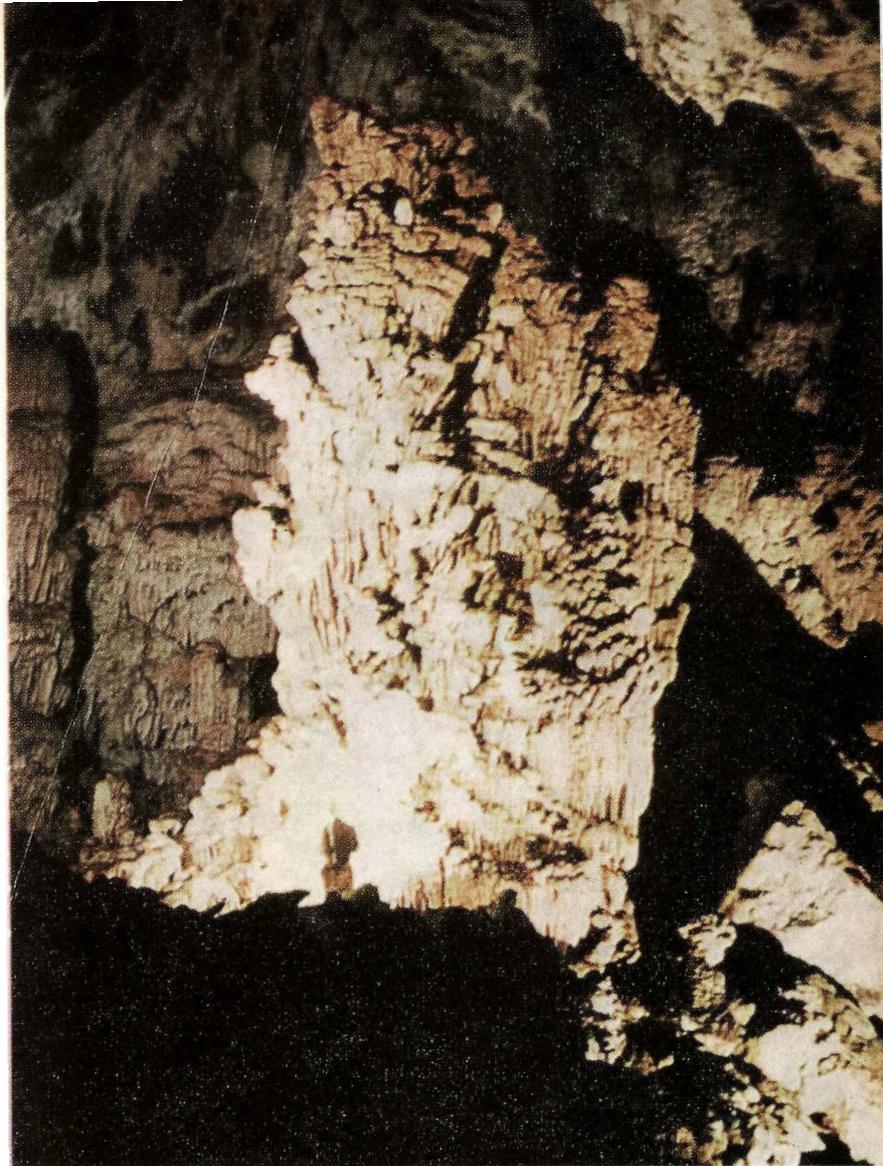
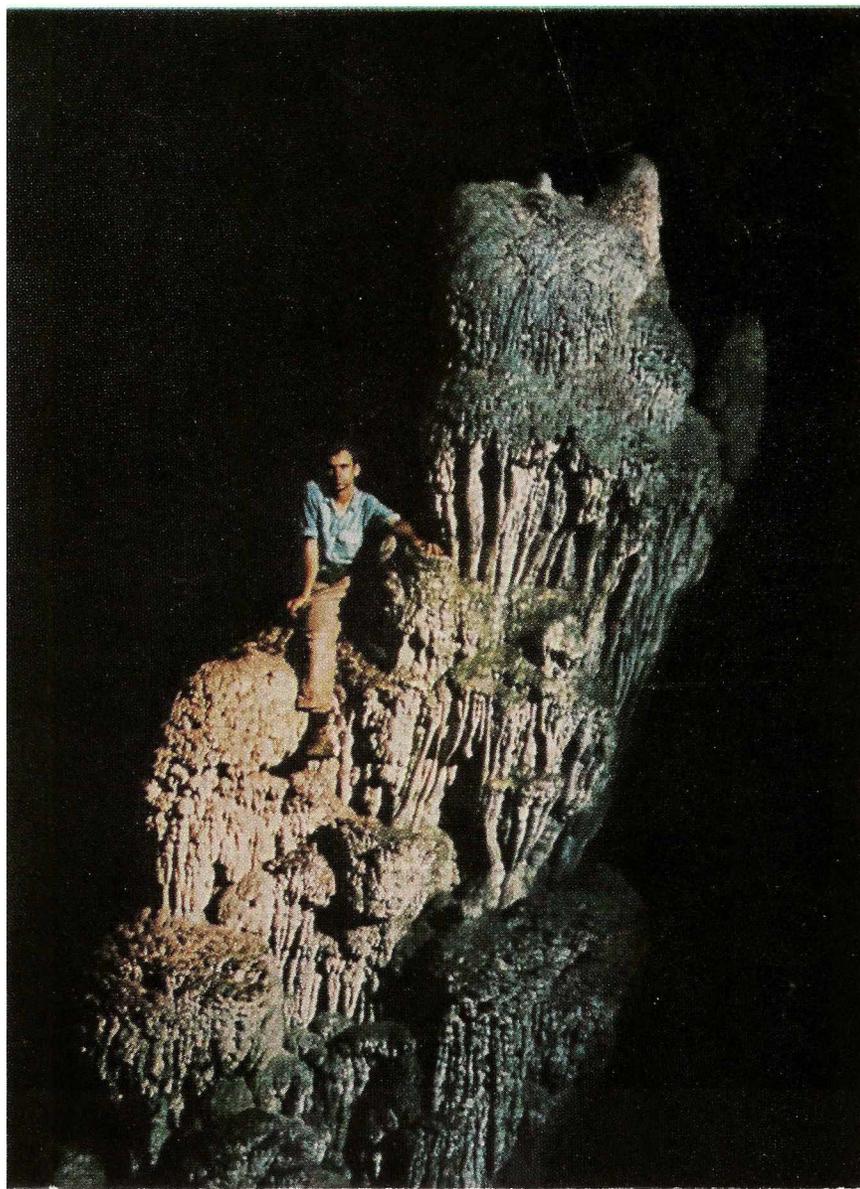


Fig. 6. Estalagmita grande, Salón VI.
Luz de "Flash" múltiple.

Fig. 7. Estalagmita grande, Salón VI.
Luz natural.



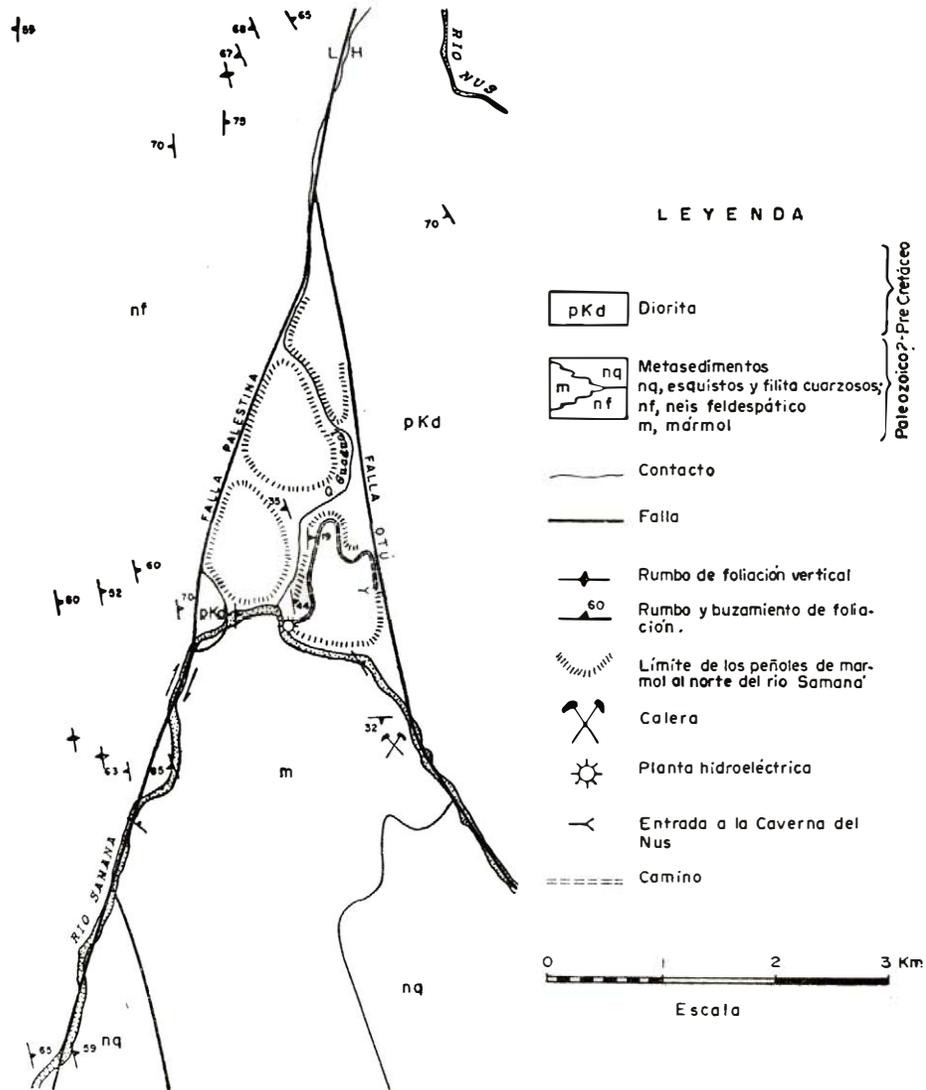


Fig. 1. Croquis de la geología en la vecindad de la Caverna del Nus.

aceptación de esta correlación tentativa, sugeriría que el mármol es de edad Paleozoico Inferior.

El mármol forma una notoria topografía quebrada caracterizada por "colinas de gavillero": peñoles de costados muy pendientes a verticales desde 100 hasta más de 300 metros de altura. Localmente se encuentran bien desarrollados algunos rasgos de topografía kárstica, como puentes naturales, túneles y corrientes de agua que desaparecen, pero las dolinas son escasas.

Los peñoles están compenetrados con sistemas de fracturas y de cuevas originadas por solución en las fracturas, siendo la más grande la Caverna del Nus, que se describe en el próximo capítulo. De las cuevas más pequeñas, varias fueron exploradas por Smeaton y Feininger, dos de las cuales se describen a continuación.

La más grande de estas cuevas, quizá un décimo del tamaño de la Caverna del Nus, está situada en el peñol más próximo al norte. Esta cueva, aunque tenga bastante menos ornamentación que la del Nus, tiene varios aspectos interesantes. Está habitada por guácharos, pájaros negros de tamaño más o menos como el de las palomas. Estos pájaros que aparecen por millares, son fácilmente excitables y cuando alguien entra a la cueva ellos vuelan en bandadas produciendo chillidos estridentes. El piso de los salones está cubierto por una capa gruesa de cáscaras de nueces de palma traídas a la cueva por los pájaros; al caminar sobre ella se siente una alfombra esponjosa. La cueva tiene un nivel inferior, parcialmente explorado, el cual está atravesado por la quebrada Guadual. El nivel superior de esta cueva parece que alguna vez se extendió hacia el sureste de su límite actual, pero desde entonces se ha derrumbado. El único remanente de esta parte es un puente natural de más de 30 m de longitud y 10 m de altura.

Otra cueva aún más pequeña, difícil de entrar, está en el peñol al sur del río Samaná, frente a la planta hidroeléctrica. Está formada por una serie de salones estrechos (en general de dos metros o menos) con ornamentación esparcida. Contiene una pequeña corriente de agua permanente.

LA CAVERNA DEL NUS

La Caverna del Nus se encuentra en lo alto del más meridional de los cuatro peñoles de mármol que están al norte del río Samaná (Figs. 1 y 2). Este peñol está rodeado por cañones profundos: al norte y al oeste, por el cañón de la quebrada Guadual; al este por el cañón de un tributario sin nombre; y al sur por el del río Samaná.

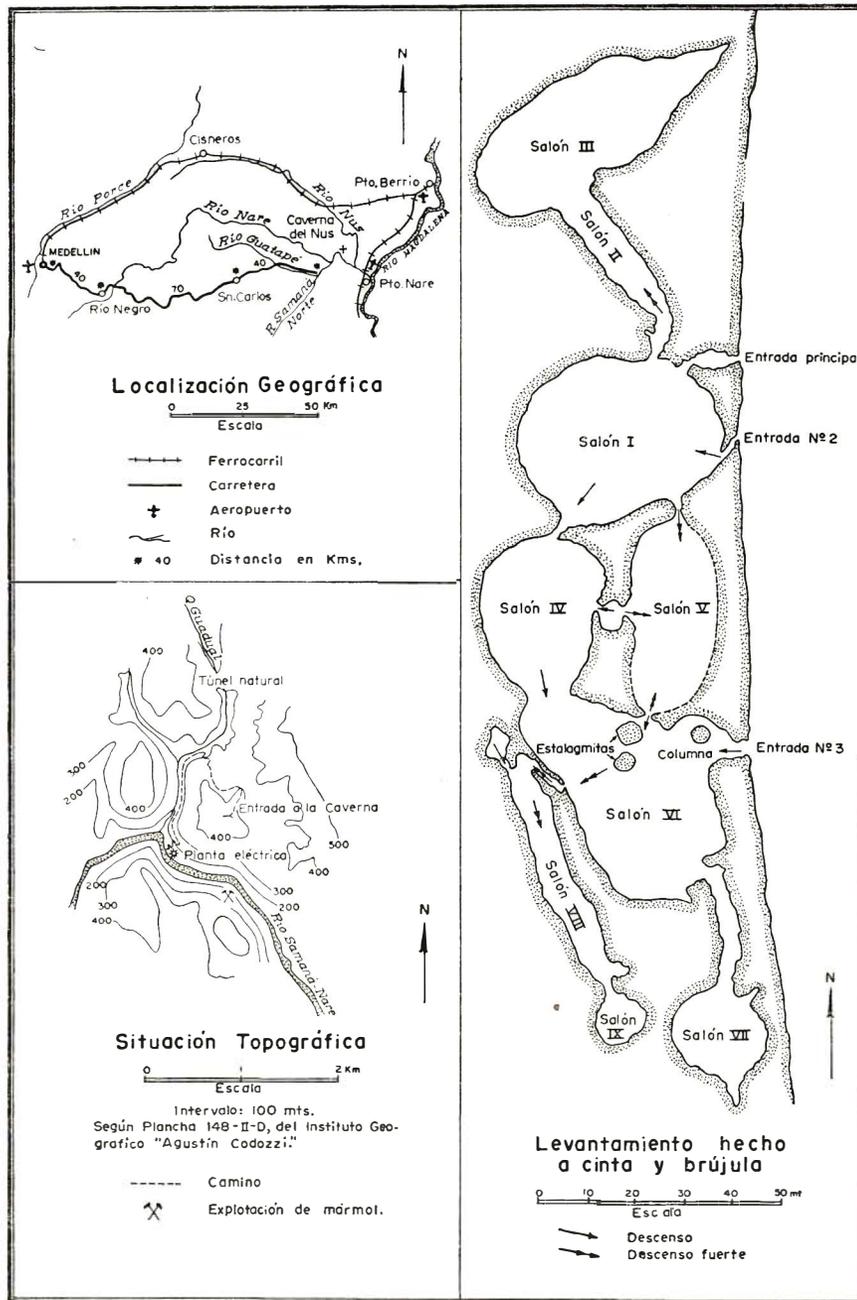


Fig. 2 — Croquis de la Caverna del Nus

La elevación de la cima del peñol es de 460 m aproximadamente, o sea de 300 m sobre el río Samaná. Las tres entradas a la caverna y la mayoría de los salones, están a elevación cercana a los 435 m. Por consiguiente el techo sobre gran parte de la caverna, es delgado. La temperatura del aire en el interior es de 24.5°C en todas partes.

La extensión máxima de la caverna desde el extremo norte del salón III hasta la punta del salón VII (Figura 2), es de 220 m. La máxima anchura este-oeste es de 50 m. El área del piso medida con planímetro es de 5.750 m² (Fig. 2).

SALONES

La Caverna del Nus está formada por nueve salones distintos (numerados I a IX en el mapa, Fig. 2). Todos, menos el V, fueron explorados en algún detalle por Feininger y Smeaton. Los más extensos son el I, el III y el VI; la dimensión máxima de cada uno de ellos excede los 40 m. La altura de los techos en todos los salones es, en general, de más de 5 m y en muchos lugares sobrepasa los 15 metros. El volumen de cada uno de los salones más grandes es, en consecuencia, mayor de 5.000 m³.

Los salones del I al VII están aproximadamente al mismo nivel, que es aproximadamente el de la entrada principal. Sin embargo, los salones VIII y IX están a un nivel notoriamente inferior, siendo el IX el más bajo. El piso del salón IX está a cerca de 30 m por debajo del piso del VII, que es el más próximo de nivel superior (Fig. 2). Se efectuó una búsqueda de más salones, especialmente salones a niveles aun inferiores, pero no se encontró ninguno.

ORNAMENTACION

Todos los salones están ornamentados por depósitos de calcita secundaria ("speliothems") en forma de piedra de flujo ("flowstone"), estalactitas y estalagmitas, estando algunos más ornamentados que otros. El salón VI es sin duda el más espectacular, debido en parte a su rica ornamentación, pero principalmente por su gran tamaño y por su iluminación natural, a través de la entrada N° 3. La figura 3 muestra una vista general del salón tomada con luz natural. Otros salones ricamente ornamentados son los I, II, IV, VII y IX. El salón pequeño sin numerar, situado entre los salones IV y V parte del cual se muestra en la figura 4, es el más ricamente ornamentado de toda la caverna.

Piedra de flujo (“Flowstone”): Las paredes de los salones están cubiertas en forma discontinua, por hermosos depósitos de piedra de flujo. En ellos predominan los colores canela, rosado pálido y blanco. La figura 5 muestra un aspecto especialmente hermoso del salón VIII.

Estalactitas: Las estalactitas cuelgan de los techos y de los salientes de los muros a lo largo y ancho de la caverna. Son puntiagudas y están revestidas con piedra de flujo. Las estalactitas varían en tamaño desde grandes masas de varios metros de longitud, hasta realces de pocos centímetros que se presentan generalmente en grupos compuestos por centenares y aun millares de piezas. Algunas estalactitas grandes pueden verse en la figura 4 y otras se han ligado entre sí para formar cortinas como se ven en la figura 3. En los salones VII y IX son comunes las estalactitas incipientes, tubos delgados de calcita lechosa, hasta de 30 cm de longitud, pero de solo unos pocos milímetros de diámetro.

Estalagmitas: Los rasgos decorativos más voluminosos y abundantes de la Caverna del Nus son las estalagmitas. Estas figuras, de puntas romas, se encuentran en los pisos y están ricamente ornamentadas con piedra de flujo. La mayoría tiene alturas inferiores a dos metros y sus diámetros no sobrepasan los 30 cm. Gran parte del piso del salón II está cubierto por estalagmitas muy juntas, de un metro de altura, que semejan un campo sembrado de pequeños troncos de árboles.

En el salón VI se encuentran dos estalagmitas especialmente grandes. Una de ellas, ilustrada en la figura 6, tiene 12 m de altura y 5 m de diámetro y debe encontrarse entre las mayores conocidas en el mundo (Robert Smeaton, comunicación verbal, 1967). Otra estalagmita adyacente, casi tan grande como la anterior, está iluminada en forma espectacular, por la luz proveniente de la entrada Nº 3 (Fig. 7); una delgada película de algas, alimentadas por la luz natural, la colorea de verde pálido en gran parte.

En muchos sitios las estalactitas y las estalagmitas se han unido para formar columnas masivas. Una de tales columnas se puede ver en la figura 3. En otros lugares, las columnas se juntan para formar muros en forma de cortinas.

DEPOSITOS DE PISO

En los pisos de casi todos los salones, se encuentra esparcida una mezcolanza de bloques angulares sueltos (“rotura”) caídos de los techos. Muchos de ellos tienen más de 5 m de longitud. Los blo-

ques son especialmente abundantes en los salones I, IV, VI, VIII y en el sector nordeste del salón III. En otras partes el piso de la caverna está formado por lodo pegajoso pardo oscuro. La mayor parte de este lodo fue introducida por aguas lluvias del suelo de encima del peñol, aunque puede haber sido aumentado en parte, por excrementos de pájaros cavernícolas o murciélagos. Actualmente, sin embargo, la fauna de la caverna se halla reducida a una pequeña colonia de murciélagos en el salón III.

ORIGEN Y EDAD DE LA CAVERNA DEL NUS

El origen de las cavernas en rocas carbonáticas ha sido muy debatido en la literatura geológica durante los últimos cuarenta años. THORNBURY (1954, p. 340-349), presenta una revisión de las principales teorías sobre la formación de cavernas. La teoría generalmente aceptada por la mayoría de los geomorfólogos es que las cavernas se forman por solución debajo del nivel de las aguas subterráneas (“origen freático”), más bien que por erosión y solución de rocas carbonáticas originadas por acción de corrientes subterráneas, que actúan en el nivel freático o arriba de éste.

La Caverna del Nus está en lo alto de un peñol muy por encima del actual nivel freático. Se encuentra un poco de agua estancada en pequeños depósitos de unos pocos centímetros de profundidad en el piso enlodado del salón más bajo (IX), pero no la hay en ninguna otra parte. El agua que entra a la caverna se reduce a la que gotea lentamente de los techos, pero no está muy extendida.

Las observaciones hechas por nosotros en la Caverna del Nus sugieren, que se formó por solución bajo el nivel freático, más bien que por erosión y solución arriba del nivel freático. Las observaciones más importantes son:

1. Los salones de la Caverna del Nus están distribuidos al azar (Fig. 2) y no sugieren una forma de drenaje ni dendrítico ni de enrejado (“trellis”) controlado por diaclasas. Igualmente, los niveles de los pisos de los salones varían al azar de uno a otro y no reflejan la pendiente de un sistema de corrientes de agua.

2. Todos los procesos geológicos que actúan sobre la Caverna del Nus en su actual localización sobre el nivel freático, trabajan hacia su destrucción. Se está llenando de lodo traído por las aguas desde arriba, como también de bloques de rotura sueltos y de depósitos de calcita secundaria en forma de piedras de flujo (“flow-stone”), estalactitas y estalagmitas. Los fallamientos del techo,

combinados con la erosión en el tope del peñol, están adelgazando la cubierta de la caverna y acabarán por producir su colapso total. Tal colapso ya ha destruído gran parte de la cueva más pequeña situada hacia el norte y descrita anteriormente. Las tres entradas de la Caverna del Nus son similares en tamaño y forma a los pasajes entre salones del interior de la misma. Es posible que estas entradas, alguna vez condujeran a otros salones al este de la caverna actual, los que ya han sido destruídos por colapso y erosión.

La Caverna del Nus es una antigua caverna y su preservación frente a los procesos geológicos que actualmente actúan para destruirla, se puede considerar como un residuo geomórfico. La caverna no ha estado bajo el nivel freático, medio ambiente en que se formó, desde su aislamiento en el peñol donde ahora está localizada. La caverna, por consiguiente, debe ser anterior a la formación de los cañones que rodean el peñol. La disección de los cañones se inició por el solevantamiento regional de la Cordillera Central.

La edad del solevantamiento es menor que la de la Formación Mesa del Plioceno (?) extensamente disectada en el vecino Valle del Magdalena (cf. plancha K-9, Servicio Geológico Nacional, 1957). En consecuencia, si se usa la escala revisada de HOLMES (1960) para el tiempo geológico, la edad mínima de la Caverna del Nus está comprendida entre uno y once millones de años.

BIBLIOGRAFIA

- Banco de la República, 1959. — Atlas de Economía Colombiana. Primera entrega: Bogotá.
- BOTERO A., GERARDO, 1940. — Geología sobre el Ordoviciano de Antioquia: Medellín, Minería, v. 17, Nº 99, p. 8249-8257.
- HOLMES, ARTHUR, 1960. — A revised geological time scale: Edinburgh Geol. Soc., Trans. v. 17, pt. 3, p. 183-216.
- Servicio Geológico Nacional, 1957. — Plancha K-9, "Armero": Bogotá.
- THORNBURY, W. D., 1954. — Principles of Geomorphology: New York, John Wiley and Sons, 618 p.
- WOKITTEL, R., 1960. — Recursos Minerales de Colombia, Comp. de Estudios Geol. Of., Tomo X, p. 325.

COLOMBIA EN LA MINERIA LATINOAMERICANA *

POR

ROBERT WOKITTEL

GEOLOGO E INGENIERO DE MINAS

* Este artículo, ahora actualizado, fue publicado en la Revista N° 34/35-1967 de la Cámara de Comercio Colombo-Alemana, Bogotá.

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, D. E. 1968

CONTENIDO:

	Páginas
INTRODUCCION	117
Area y Población	118
Energía Eléctrica	118
Colombia en la producción minera latinoamericana	119
Exportación de productos de petróleo y minería	120
Producto Bruto	121
MINERALES COMBUSTIBLES	121
Petróleo	121
Carbón	126
MINERALES METALICOS Y SALES	128
Hierro y acero	128
Sal de Sodio	132
Sales de Potasio	134
Azufre y ácido sulfúrico	134
Mercurio	135
Oro	136
Plata	140
Platino	141
Uranio	143
Bauxita	143
Metales básicos: cobre, plomo, zinc	144
Níquel	145
Titanio	145
Otros metales y metaloides	146

	Páginas
MINERALES NO METALICOS	147
Esmeraldas	147
Diamantes	150
Otras piedras preciosas y decorativas	150
Perlas	150
Cemento	151
Yeso	152
Calizas	153
Dolomita y magnesita	153
Feldespato y caolín	154
Asbesto (Crisotilo, Amianto)	155
Talco-Esteatita	155
Piedras de ornamentación	155
Barita	156
Roca fosfórica	157
Mica	159
OTROS MINERALES	160
Minerales, piedras y materiales para construcción, carreteras, etc.	160

INTRODUCCION

Al comentar la minería de Colombia se oyen con frecuencia conceptos desfavorables sobre la existencia y la calidad de los recursos minerales, las cantidades y calidades de los productos mineros y la insignificante importancia del renglón minero para la economía nacional (producto bruto). Estas ideas se deben en parte a la inexistencia de un gremio organizado minero, a la deficiente estadística, la falta de publicidad y al gran error de entender por minería solo la explotación de unos pocos minerales, es decir, los principales que se extrajeron en el siglo pasado, como oro, plata, platino, esmeraldas y sal, sin tener en cuenta que hoy se explota un sinnúmero de minerales y piedras en minas y canteras, además petróleo, materias primas estas, indispensables para el desarrollo económico, industrial, técnico y social del país, que antes se han importado habiendo hoy exportación de productos mineros y de petróleo. Al respecto conviene mencionar que la principal estadística minera internacional, el Minerals Yearbook de los Estados Unidos, comprende bajo el término de producción mineral todos los recursos minerales explotados, incluyendo las arenas, arcillas de distintas clases, rocas y piedras, petróleo, carbones y también el cemento por ser éste un producto de un sencillo tratamiento (mezcla) de caliza y arcilla bajo efectos de combustión por carbón o petróleo. El valor de la producción mineral de Estados Unidos en 1963 fue de 19.6 mil millones de dólares, de los cuales correspondían 11.1 mil millones al petróleo y gas, 2.2 al carbón, 4.3 a minerales no metálicos (con 1.1 de cemento) y 2.0 a minerales metálicos.

Por existir, pues, incertidumbres y en parte apreciaciones muy erradas referentes a la minería de Colombia, el siguiente estudio procura aclarar para los últimos años con números y pocas explicaciones el desarrollo minero y su importancia en la vida económica de Colombia y comparar el volumen de producción de los diversos minerales con el de los otros países latinoamericanos. En este estudio se destaca para la minería colombiana un desarrollo y una posición en el conjunto latinoamericano bastante favorables.

AREA Y POBLACION

La superficie total del territorio colombiano es de 1.138.388 km². De estos corresponden 55% a los Llanos con solo 2% de la población, y 45% al Complejo Andino con 98% de la población total.

La población fue según el último censo de 17.5 millones de habitantes en julio de 1964 y se estima en 19.2 millones para julio de 1967. La densidad en 1964 fue de 15 habitantes por km² para el territorio total, y de 33 habitantes para el Complejo Andino.

Según la población, Colombia figura en América Latina en el 4º lugar, lo cual demuestra el siguiente cuadro:

CUADRO 1

	E N 1 9 6 7	
	POBLACION Millones	DENSIDAD H/Km ²
Brasil	85.1	10
México	45.1	23.7
Argentina	23.0	8.3
Colombia	19.2	17.1
Perú	12.4	9.5
Chile	8.9	11.8
Venezuela	9.4	10.3
Cuba	8.0	70.0
Ecuador	5.5	19.4
Haití	4.6	164
Guatemala	4.7	43.1
Bolivia	3.8	3.5
República Dominicana	3.9	79.6
El Salvador	3.2	152
Uruguay	2.8	15
Honduras	2.4	21.4
Paraguay	2.2	5.4
Jamaica	1.9	173

ENERGIA ELECTRICA

La energía eléctrica es un factor de suma importancia para el desarrollo industrial y minero de un país y por eso el volumen de la generación de esta energía es algo como un índice del desarrollo. En Colombia, que figura en el 6º puesto en América Latina (ver Cuadro 2) el aumento de la generación entre 1963 a 1967 fue de 4.247 a 7.100 millones de Kwh, o sea un respetable aumento de

67% en 5 años. De la producción corresponden 63% a plantas hidroeléctricas y 37% a termoeléctricas (vapor por carbón y petróleo, diesel y gas). En construcción se encuentran plantas hidro y termoeléctricas con potencias de 700.000 Kw que aumentarán la capacidad a 2.6 millones de Kw de manera que Colombia por este concepto se está preparando para un desarrollo en gran proporción.

CUADRO 2

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA
(MILLONES DE KWh)

	1963	1964	1965	1966	1967	KWh por hab.
Brasil	27.869	29.094	31.000	32.650	35.300	410
México	13.707	15.748	17.400	19.020	20.952	458
Argentina	12.343	13.582	14.700	15.650	16.400	718
Venezuela	6.771	7.600	8.250	8.740	9.200	985
Chile	5.623	5.928	6.250	6.600	6.730	790
Colombia	4.870	5.500	6.100	6.600	7.100	370
Perú	3.267	3.516	3.846	4.080	4.810	388
Uruguay	1.700	1.724	1.850	1.840	1.869	686
Costa Rica	549	597	640	697	753	479
Rep. Dominicana	460	580	640	617	900	235
Ecuador	495	552	590	700	760	142
Bolivia	532	534	554	584	587	136
Guatemala	364	380	430	470	535	116
El Salvador	334	380	410	480	515	166
Panamá	330	390	390	490	490	450

COLOMBIA EN LA PRODUCCION MINERA LATINOAMERICANA

Colombia se destaca en el primer puesto en la producción de esmeraldas, platino, oro y carbón y figura en buenos puestos (2-5) para minerales no metálicos. Hay poca producción de plata (3-4 toneladas por año), que es un subproducto de la minería de oro. Respecto a los minerales básicos: cobre, plomo, zinc y otros para los cuales existe mucho interés, conviene advertir que las producciones son y fueron insignificantes, existiendo la esperanza de obtener en un futuro no lejano estos metales como subproductos de la minería de oro y de minas en prospección.

Colombia figura en la producción minera de América Latina en los siguientes puestos:

CUADRO 3

- 1º Esmeraldas (monopolio), platino, oro, carbón.
- 2º Feldespato.
- 3º Soda.
- 4º Petróleo, cemento, sal, mercurio, azufre, soda cáustica.
- 5º Barita, yeso.
- 6º Acero, arrabio, energía.

EXPORTACION DE PRODUCTOS DE PETROLEO Y MINERIA
(Ver Cuadro 4)

La participación de la industria de petróleo y minería es de un 20% en promedio. El alegato citado a veces de que no debe incluirse el petróleo en la lista de exportación porque no produce divisas para el país sino a las compañías petroleras no es sustentable, porque se trata verdaderamente de la exportación de un producto mineral producido en Colombia con su valor real, pero en el presente caso con el calificativo especial de que su valor sirve de cuota de amortización de capitales y bienes de capitales importados anteriormente por las mismas compañías de petróleo. En la denominación "otros" figuran esmeraldas, ácido nafténico y otros derivados de petróleo, amoníaco, urea, cloro, etc., y está abriéndose el mercado exterior para vidrio, soda, mercurio y muchos otros productos de menor cuantía. Para el oro se pone la producción registrada, porque, por su carácter especial no existen datos específicos de su exportación anual. Pero al entrar toda la producción obligatoriamente al Banco de la República, este metal es o produce divisas como todos los demás productos exportados disponibles para los canjes monetarios internacionales. Para el consumo en el país existe oro no registrado.

CUADRO 4

EXPORTACIONES DE LA INDUSTRIA DE PETROLEO Y MINERA

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	
Exportación total.. (000) US\$	434.487	463.680	445.680	548.136	539.144	506.507	509.879	
Petróleo crudo "	63.200	60.600	77.200	75.000	88.200	71.700	61.200	
Fuel oil "	4.800	7.100	3.800	7.300	7.300	9.700	13.400	
Cemento "	2.400	2.000	1.600	2.300	2.220	2.125	2.653	
Platino	1.500	1.000	1.600	1.540	890	—	1.919	
Oro	14.000	13.900	11.400	12.800	11.200	9.600	9.040	
Otros "	2.400	2.000	1.600	2.200	3.400	3.400	2.098	
Suma "	93.300	86.600	97.200	101.100	113.210	96.500	96.310	
	%	21%	19%	22%	18.4%	21%	19.0%	17.7%

PRODUCTO BRUTO

El valor de la producción minera y petrolera en la estadística colombiana es aparentemente muy subestimado. La razón es la falta y deficiencia en la obtención de los datos de producciones y de los precios. Por ejemplo faltan los muchos millones de toneladas de arenas, gravillas y triturados usados en obras de cemento (concreto), arcillas para ladrillos, piedras y rocas para construcciones y carreteras, etc., todos estos productos que en el ya mencionado Minerals Yearbook figuran como productos minerales con sus valores y cantidades para los cálculos de producción de la minería. Por esta razón, en la estadística colombiana, se atribuye a la minería y el petróleo en el cálculo del producto bruto nacional, solo una participación de solo 2.5% para 1965, siendo este porcentaje estimativamente más del doble.

MINERALES COMBUSTIBLES

PETROLEO

Colombia no se considera como país muy rico en petróleo y tampoco existen, según los conocimientos y estudios específicos geológicos y técnicos, perspectivas muy halagadoras de encontrar yacimientos con enormes volúmenes, lo que ocurre en Venezuela, Medio Oriente, etc. Pues, aquí se explotan desde 1921 campos y estructuras más bien pequeñas y se hicieron más de 3.800 pozos, de los cuales hoy 2.200 son activos, con una producción de 81 barriles por pozo diarios, siendo los datos respectivos de 309 barriles en Venezuela y más de 4.000 barriles en el Medio Oriente (Cuadros 6 y 7), razón por la cual los rendimientos económicos de las compañías particulares en Colombia son más bajos que en otros países (6% contra 10 a 15%). Sin embargo, Colombia ocupa gracias a los esfuerzos hechos con la explotación de unos 72 millones de barriles anuales, el 4º puesto entre los productores de América Latina y su petróleo fue, es y será el factor decisivo para la economía y la industrialización del país. La participación en la producción mundial es del 0.6%. (Cuadro 5).

CUADRO 5

PRODUCCION DE PETROLEO
(MILLONES DE BARRILES)

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Estados Unidos ..	2.622	2.676	2.753	2.805	2.852	2.941	3.220
Canadá	221	244	258	275	293	318	348
Venezuela	1.066	1.168	1.186	1.242	1.268.3	1.220.7	1.293
México	106.8	111.8	114.9	115.6	120.8	118.5	140
Argentina	84.4	98.2	97.2	100.4	97.4	104.4	114
Colombia	53.2	51.9	60.3	62.6	73.2	71.9	69.6
Trinidad	45.8	48.9	48.7	49.7	48.1	54.7	65.8
Brasil	34.8	33.4	35.7	33.3	34.3	36.9	53.4
Perú	19.4	21.1	21.5	23.1	23.3	23.0	29
Chile	9.3	11.7	13.2	13.7	12.7	12.4	13.5
Bolivia	3.0	2.9	3.3	3.2	3.3	5.8	14.7
Ecuador	2.9	2.6	2.5	2.8	2.9	3.3	2.3

La producción acumulada hecha de 1921 a 1967 es de 1.392 millones de barriles. Las reservas se calculan actualmente en 1.700 millones de barriles, dando así, con base en la producción anual, de 72 millones de barriles una vida de más de 20 años para esta industria. De la explotación se consumen 50% en el país y 50% se exporta. Siendo el aumento de consumo de 6-7% por año se acortaría la vida proporcionalmente, lo que obliga hacer muchos trabajos de exploración, que son costosos y demorados e incluyen riesgos, para asegurar el futuro de la industria que hoy representa un valor del crudo en números redondos de 150 millones de dólares por año.

Para más detalles véase en la revista N° 30 de junio/julio 1966 de la Cámara de Comercio Colombo-Alemana de Bogotá, el estudio "Tillmann, Desarrollo y problemas de la industria petrolera de Colombia".

CUADRO 6

PORCENTAJE DE PARTICIPACION DEL ESTADO Y DE LAS COMPAÑÍAS EN LAS UTILIDADES DE LA INDUSTRIA PETROLERA Y RENTABILIDAD DE LAS INVERSIONES PETROLERAS

	Gobierno %	Compañía %	Rendimiento %
Colombia	65 (a)	35 (a)	6 (b)
U. S. A (b)	47	53	10
Venezuela (b)	67	33	15
Canadá (b)	48	52	12
Hemisferio Oriental (7 compañías) (b)	60	40	14
Promedio de 32 compañías petroleras que operan fuera de U. S. A. (b) .	55	45	14

NOTAS:

(a) Estudio del Centro de Información de la Industria Petrolera para el trienio 1961-1963.

(b) Datos del Chase Manhattan Bank, U. S. Dept. of Commerce y el First National City Bank.

CUADRO 7

RENDIMIENTO DE CAMPOS PETROLIFEROS

PAISES	Producción promedia por día (Barriles)	Número de pozos productivos Junio de 1964	Barriles diarios de producción por pozo
Medio Oriente	7.465.122	1.801	4.145
Libia	760.458	332	2.291
Venezuela	3.376.200	10.966	309
Colombia	171.241	2.120	81

La producción se efectúa en 16.5% por la empresa estatal Ecopetrol y 83% por 9 compañías particulares extranjeras. 70% del petróleo proviene del Valle del Magdalena y regiones bajas costaneras adyacentes y 30% del Norte de Santander, en la frontera con Venezuela. Para 1968 entrará en producción un nuevo campo prometedor de la Comisaría del Putumayo, al terminar el oleoducto en construcción de Orito al puerto de Tumaco.

De los pozos de petróleo y de algunos de gas se extraen grandes cantidades de gas natural cuyo volumen aumenta año por año, y todavía en 1961 el 75% del gas fue quemado. Debido a las disposiciones del Ministerio de Minas y Petróleos ha disminuído el porcentaje del quemado en 1967 a 20%, de la extracción de 100.000

millones de pies cúbicos. Los gases se utilizan para inyecciones en pozos, como combustible y para la petroquímica (ver Cuadro 8). Entre los gases útiles, obtenidos en los campos petrolíferos y en refinerías, son de mucha importancia los gases licuados (principalmente el propano) cuya producción ha aumentado de 24.000 toneladas en 1960 a 131.000 toneladas en 1967, que se utilizan como combustible en las casas y en la industria, haciendo competencia al carbón y a la energía eléctrica. La demanda va creciendo mucho.

CUADRO 8

GAS NATURAL

		1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Producido.	Millones p ³	78.775	78.424	82.980	84.687	91.705	93.034	99.920
Quemado .	%	75%	68%	64%	55%	36%	27%	20%

Las exportaciones de petróleo y de sus derivados y productos petroquímicos son factores importantes en la economía del país, como lo muestra el Cuadro 4, figurando el petróleo bruto en el 2º lugar (después del café) de los productos exportados. En lo referente a la importación muestra el Cuadro 9 la disminución de compras al exterior por ejemplo para lubricantes: de 10.000 galones en 1961 a 1.133 galones en 1966. Solamente para parafina se mantiene el volumen importado. Sin embargo, también este artículo se producirá en la planta de ensanche de la refinería de Barrancabermeja en cantidades suficientes de abastecer la demanda nacional y en parte para la exportación.

CUADRO 9

IMPORTACION DE DERIVADOS DE PETROLEO

Lubricantes	(000)G	10.100	10.300	8.250	4.660	2.571	1.133	1.776
Gasolina común	(000)G	498	26	—	—	7	11.398	19.698
Gasolina aviación	(000)G	6.512	5.895	11.799	15.800	4.312	3.645	11
Nafta	(000)G	40.188	61.101	910	295	7	0	1.5
Kerosen	(000)G	1.994	135	126	18	13	9	2.674
A. C. P. M.	(000)G	2.865	97	—	8	1.3	85	2.262
Parafina	t	28.500	23.600	25.181	28.308	20.190	31.178	22.573

G = galones.

En el país existen 5 refinerías de petróleo con una capacidad de refinación de 97.000 barriles diarios, distribuidos así:

	Barriles
Ecopetrol en Barrancabermeja, con	45.000
Intercol en Cartagena, con	42.000
Otras 3 con	10.000
	<hr/> 97.000

Con los ensanches de Ecopetrol en construcción se levantaría la capacidad total a 140.000, aumentando así Ecopetrol su porcentaje actual de 47 a 64%. Así, la empresa estatal está desarrollando una actitud destacada no solo en el ramo de la refinación sino también en la exploración, transporte y exportación, teniendo además grandes proyectos en ejecución para la petroquímica.

En un gran programa quinquenal la empresa aspira modernizar la industria petrolera e independizar al país de la importación de muchos productos. Entre los proyectos de Ecopetrol figura también la construcción de una nueva refinería en el oeste del país, cuya localización todavía no está definida.

Petroquímica.

La petroquímica es una rama nueva de la industria de petróleo, de gran empuje y con muy buenas perspectivas para el consumo de sus productos en el país y para la exportación. En esta industria se invirtieron grandes capitales nacionales y extranjeros. Los centros son Mamonal, cerca de Cartagena; Barrancabermeja y Barranquilla con extensos programas que abarcan: nitrógeno, amoníaco, ácido nítrico, urea y formaldehidos, fertilizantes, negro de humo, sustancias básicas (etileno y propileno) para la fabricación de polietileno y dodocilbenceno, parafina y lubricantes parafínicos, aromáticos (benceno, tolueno, xileno) que son material base para fibras sintéticas, plásticos, solventes, insecticidas, fungicidas, etc., caprolactama para la fabricación de nylon, dióxido de carbono, poliolefinas, azufre, etc.

Ya empezó en mayor escala la fabricación de fertilizantes y de ácido nítrico, amoníaco y urea, los últimos con apreciables exportaciones.

Asfalto.

En Colombia existen muchos yacimientos y manifestaciones de asfalto natural y areniscas impregnadas de asfalto. Se explotan solo esporádicamente y en cantidades muy reducidas debido a la competencia del asfalto derivado del petróleo que se produce en la refinería de Barrancabermeja en cantidades suficientes para la demanda nacional y en menor escala para exportaciones periódicas. La producción es de 70 a 80.000 toneladas anuales.

Asfaltita.

Es un producto endurecido de oxidación de asfalto natural. En estratos cretáceos en Santander y Boyacá se presenta en filones y bolsas la imponita que es una asfaltita muy dura, con pocas

materias volátiles y con porcentajes bajos de níquel y vanadio. Se confunde con antracita. Su explotación es insignificante. Otras asfaltitas se encuentran en el Tolima.

CARBON

Colombia es en América Latina el país más rico en carbón. Los yacimientos se encuentran en muchas cuencas, bastante esparcidas de mayor o menor extensión y riqueza. La edad es desde el Cretáceo más superior hasta el Oligoceno del Terciario para la mayor y mejor parte del carbón. Sobre las reservas existen varios datos, siendo las cifras de 17 a 18 mil millones de toneladas (explotables y no explotables) las más aceptadas. Las mayores reservas las tienen los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá y siguen en importancia las de los distritos Medellín y Cali. La calidad del carbón varía entre antracitas, hullas, subbituminosas, bituminosas, hasta lignitos. Los valores calorimétricos de las hullas oscilan entre 6.000 y 8.000 calorías, los lignitos tienen valores menores (4 a 6.000 calorías). Una parte de hulla es coquizable y apta para usos metalúrgicos. La explotación se efectúa preferencialmente en minas muy pequeñas con métodos rudimentarios, existiendo solo algunas pocas minas grandes con métodos mecanizados de explotación.

La producción de carbón creció de 220.000 toneladas en 1928 hasta más de 3 millones en 1963, quedando desde este tiempo más o menos estable, a pesar del desarrollo industrial, debido a la competencia del petróleo, gas y la energía eléctrica.

En general se usa el carbón así como sale de la mina, sin beneficio, por ser bastante puro, existiendo una sola lavadora de carbón en Acerías Paz del Río S. A.

Otra planta lavadora grande con capacidad de 125 toneladas por hora, construída principalmente para obtener un buen carbón explotable, ubicada en Yumbo, cerca de Cali; nunca pudo funcionar bien económicamente, y está inoperante desde hace 6 años.

La producción de coque de más de 400.000 toneladas anuales se efectúa en una planta de coque con subproductos de Acerías Paz del Río S. A. de carbón lavado y en muchos pequeños hornos de colmena de carbones sin lavar. El producto de estos últimos varía mucho según la pureza del carbón usado. Debido al aumento de demanda de coque para la creciente industrialización se impone la necesidad de pensar con tiempo en la instalación de nuevas plantas de coque con subproductos, en centros de consumo de coque.

En vista de la gran riqueza carbonífera de Colombia, no faltaron, obviamente, proyectos, estudios y esperanzas de valorizar este voluminoso recurso mineral por la exportación. Se ha pensado en la exportación principalmente de carbones del Cerrejón (Guajira), de la Jagua de Ibirico (Departamento del Magdalena, hoy Cesar) y del Valle del Cauca. Sin embargo, los ensayos hechos a fines de 1957 de exportar 10.800 toneladas de carbón del Valle por Buenaventura y los hechos en 1964 de exportar 2.000 toneladas de “antracita” de Landázuri (Santander) por puertos de la costa del Atlántico no dieron resultados satisfactorios y parece que se presentan al respecto también hoy y en adelante dificultades por las siguientes razones: 1. Desde hace años existe una crisis mundial de la industria carbonera debido a la competencia del gas y petróleo. 2. Por esta razón la demanda de carbón en el mercado internacional está reducida y se exigen calidades excelentes y “garantizadas”: a) de carbón bien coquizable y b) de verdaderas antracitas (no semiantracitas o asfaltitas duras). 3. Los carbones del Cerrejón y de La Jagua no son coquizables por sí mismos, sino en mezclas con otros carbones, como se ha comprobado por ensayos técnicos. Al respecto hay que aclarar que estos carbones podrían dar un coque de gas que es poco interesante; ellos deben dar un buen coque metalúrgico. Solamente éste vale para el comercio internacional. 4. Los carbones del Valle dan en parte un coque metalúrgico, pero tienen mucha ceniza y azufre y por esta razón requieren un costoso tratamiento de beneficio. 5. Existen dificultades de transporte entre las minas y la costa y de embarque. 6. Los mejores carbones coquizables del interior del país deben descartarse para la exportación, debido a los altos costos de transporte.

No quiero dejar inadvertido que desde hace más de cuatro años se están haciendo en Alemania Occidental y en Francia muy costosos estudios en gran escala y con grandes instalaciones con el fin de producir por nuevos procedimientos “coque metalúrgico” de carbones que no son coquizables por el método corriente hoy empleado. Estos ensayos hasta ahora no han dado resultados satisfactorios.

Al considerar estos puntos de vista mencionados y los hechos de que grandes compañías han desistido de exportaciones de carbón, se destacan grandes problemas para la ansiada exportación cuya solución requiere nuevos estudios a fondo y muy serios.

En lo que se refiere a la idea de una carboquímica citada en varias ocasiones para solucionar el problema del carbón, hay que advertir que esta industria para ser económica: 1. Se basa en los subproductos de coquerías. Se necesitan, pues, carbones coquizables

y una gran producción de coque. 2. Se necesita una diversificación grande de producción que a su vez requiere instalaciones complicadas, costosas y de mayor capacidad para cada uno de los productos. En Bogotá existe una pequeña carboquímica que procesa los subproductos (benceno, tolueno, xileno, brea, naftalina) de la coquería de Acerías Paz del Río.

CUADRO 10

PRODUCCION DE CARBON EN AMERICA LATINA
(000) t

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Colombia	2.700	2.800	3.000	3.100	3.020	3.100	2.900	2.900
Brasil:								
Bruto	2.330	2.390	2.508	2.570	2.900	—	—	
Beneficiado	1.277	1.256	1.583	1.542	1.682	1.761	1.730	
México:								
Bruto	1.780	1.820	1.890	2.070	2.140	—	—	
Beneficiado	1.074	1.063	1.107	1.225	1.277	943	1.260	
Chile:								
Bruto	1.470	1.760	1.855	1.720	1.790	—	—	
Beneficiado	1.365	1.622	1.723	1.664	1.677	1.582	1.460	1.460
Argentina:								
Bruto	280	344	286	250	426	—	—	
Beneficiado	175	236	211	207	385	374	360	
Perú	160	167	162	143	145	84	126	
Venezuela	35	31	27	42	36	31	34	35

Colombia figura en la explotación entre los países latinoamericanos (ver Cuadro 10) en primer puesto. Como ya se ha dicho, el carbón se usa en Colombia tal como sale de la mina, es decir, sin beneficiar, apenas existe una escogencia a mano. Solamente Paz del Río tiene una planta lavadora. En otros países (Brasil, México, Argentina), hay una diferencia grande entre el carbón bruto, como sale de la mina, y el carbón beneficiado debido al alto porcentaje de impurezas en el producto explotado.

MINERALES METALICOS

HIERRO Y ACERO

Colombia en los años pasados abasteció su consumo de hierro y acero casi enteramente por la importación, debido a la minúscula capacidad de las siderúrgicas de Medellín, Pacho y Bogotá, que fundieron chatarra y pequeñas cantidades de minerales de hierro para fabricar productos laminados livianos (perfiles y varillas) y

hierro colado. Un cambio muy notorio se inició en 1954/55 con la construcción de la siderúrgica integrada de "Acerías Paz del Río S. A.", situada en Belencito (Boyacá) que emplea como materias primas minerales de hierro oolítico con 42-45% Fe y 1% P (fósforo) de la región de Paz de Río, carbones coquizables de la misma región y de Samacá y calizas de Belencito. El contenido de fósforo en los minerales implica en la acería el procedimiento de Thomas. La empresa tiene: un alto horno con una capacidad de 500 a 600 toneladas diarias, 3 convertidores Thomas y un horno eléctrico con 20 toneladas cada uno de capacidad, equipos de laminación para fabricar rieles, ángulos, perfiles, aceros redondos, etc., y trifilería para alambres lisos, brillantes, galvanizados y de púas. Desde 1963 trabaja también en la acería una laminadora de planos.

El Cuadro 11 muestra la producción de minerales, arrabio, lingotes de acero y productos terminados entre 1961 y 1967. Las producciones de menores cuantías en 1962 y 1966 se deben a reparaciones y revestimientos del alto horno. El mismo Cuadro indica también la producción de productos terminados de otras siderúrgicas que en el curso de los años han aumentado sus capacidades y hoy elaboran productos de hierro y de laminación de acero livianos semejantes a los de Paz del Río, además tuberías pequeñas (conduit) y gruesas, hierro gris, etc., empleando chatarra nacional e importada, hierro y acero de Paz del Río (desperdicios, retazos)

PRODUCCIONES DE ACERIAS PAZ DEL RIO S. A.

(000) t.

CUADRO 11

	Minerales	Hierro crudo arrabio	Acero crudo lingotes	Productos terminados	
				Paz del Río	Otras siderúrgicas
1961	676.4	189.1	175.3	122.2	40
1962	643.6	143.8	136.6	127.8	50.2
1963	682.5	208.6	198.2	159.4	65.6
1964	698.0	198.2	196.1	181.0	86.5
1965	695.6	199.5	204.9	193.0	90
1966	639.8	168.5	174.2	167.8	90
1967	808	206.4	207.3	163.0	97

y pocos minerales de hierro. Estas empresas son: Empresa Siderúrgica de Medellín, Siderúrgica del Pacífico, Siderúrgica de Muña, Siderúrgica Corradine, Metalurgia de Boyacá y otras. La empresa de Medellín está instalando una planta de laminaciones de planos y hojalata.

En América Latina figura la producción colombiana de hierro y acero y de sus productos en el 6º lugar. (Cuadros 12 y 13).

De gran importancia es para Colombia todavía la importación de hierro, acero y de sus productos (Cuadro 14) que fue en 1954, antes de existir la siderúrgica de Paz del Río, de 342.000 toneladas, bajó a 186.000 toneladas en 1962 para subir a 320.000 toneladas en 1966. Esto indica un aumento muy considerable del consumo que prácticamente se compone de la producción propia y de la importación y en números redondos es hoy de 500.000 toneladas anuales. Así el consumo per cápita es aproximadamente 28 kgs. por año, de los cuales más del 50% son importados. Esta cifra es aún para un país en desarrollo demasiado baja (Argentina, Venezuela, Chile, México, tienen consumo per cápita de más de 70 kgs.), e impone la necesidad de aumentar mucho la propia producción.

PRODUCCION DE HIERRO CRUDO

(000) t.

CUADRO 12

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Brasil	1.750	1.826	1.832	2.375	2.445	2.400	2.970	3.000
México	683	867	912	839	917	942	1.140	1.250
Argentina	180	399	396	446	589	663	520	700
Chile	266	285	383	424	437	344	430	490
Venezuela	—	6	136	333	323	334	300	300
Colombia *	176	189	144	209	198	200	168.5	206.4
Perú	39	51	39	29	27	20	20	20

* Solo de Paz del Río.

PRODUCCION DE ACERO CRUDO

(000) t.

CUADRO 13

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Brasil	1.843	1.995	2.088	2.812	3.089	2.960	3.710	3.670
México	1.500	1.725	1.850	1.974	2.268	2.455	2.760	3.020
Argentina	277	441	644	913	1.265	1.347	1.280	1.330
Chile	422	363	495	489	545	467	577	640
Venezuela	52	83	248	401	441	650	540	700
Colombia *	157	175	137	198	196	205	174	207
Perú	60	76	73	72	82	93	90	90

* Solo de Paz del Río.

IMPORTACIONES DE HIERRO Y ACERO

CUADRO 14

	(000) t.	(000) US\$
1954	343.0	88.046
1960	198.9	52.852
1961	187.1	49.644
1962	186.3	46.893
1963	189.7	45.522
1964	302.0	59.454
1965	167.0	32.643
1966	320.9	58.492
1967	173.7	37.485

Al respecto, Acerías Paz del Río está ejecutando una primera ampliación, con un empréstito de 30 millones de dólares, para elevar la capacidad del horno por medio de un turbosoplador a 220.000 toneladas, para aumentar los equipos de laminación y para utilizar los millones de toneladas de los finos de minerales de hierro, acumulados hoy en los patios, en una planta de sinterización importada recientemente. En una segunda ampliación y un nuevo empréstito esta empresa aspira aumentar la capacidad a 500.000 toneladas.

También las otras siderúrgicas tienen proyectos, en parte ya en ejecución de ensanches.

Además existen perspectivas fundadas para la creación de nuevas siderúrgicas en el interior y en la costa.

Minerales de hierro.

Entre los diversos yacimientos de hierro, ubicados principalmente en los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá y prospectados en 1942 y 1943 por comisiones del Gobierno, se recomendaron los depósitos de Paz del Río como los únicos apropiados para el montaje de una siderúrgica integrada, dando así la localización para la planta de Acerías Paz del Río S. A. y descartando los otros yacimientos estudiados de los Municipios de Guasca, Zipaquirá, Nemocón y Subachoque (Cundinamarca). Las reservas probadas por exploraciones con taladro hechas en Paz del Río en los últimos años (1965/66) aseguran, según el informe de la Empresa para 1966, "una producción de minerales de hierro para más de 50 años al ritmo de 600.000 toneladas anuales de productos terminados".

Fuera de los sitios indicados anteriormente, se conocen yacimientos de hierro sin explotación en muchos otros lugares dispersos

de Colombia, cuya enumeración se omite porque daría una lista larga. Sin embargo, hay que mencionar unos pocos depósitos que ya son o pueden ser interesantes y útiles para proyectos de nuevas siderúrgicas menores, existiendo el ánimo y la necesidad de ampliar el abastecimiento de hierro y sus productos por una producción propia. En Cundinamarca se destacan yacimientos del Perico (Municipio de Guasca), con reservas de varios millones de toneladas y con más de 50% de hierro, lo mismo puede decirse de yacimientos del Municipio de Ubalá; además están estudiando los depósitos de hierro en el Municipio de Tibirita para la siderúrgica (actualmente inoperante) del Valle de Tenza. En Antioquia existen en los alrededores de Medellín y en la región de Angelópolis extensos yacimientos de hierro laterítico con diversos tenores entre 54 a 22% Fe, con bajos porcentajes de níquel y cromo; no se conocen los resultados de los estudios sobre la aptitud de estos minerales para la siderúrgica. Hay que mencionar también el yacimiento de hierro (con níquel y cromo) con volúmenes de tal vez más de 50 millones de toneladas del Cerro Matoso, Municipio de Montelíbano, Departamento de Córdoba, el Morro Pelón, Municipio de Campamento (Antioquia), etc.

Los grandes depósitos aluviales marinos de magnetita titanífera de las costas del Atlántico y Pacífico son hoy poco interesantes porque presentan problemas siderúrgicos.

SAL DE SODIO

Colombia ocupa el 4º puesto entre los productores de sal en América Latina (Cuadro 15) y tiene grandes reservas de sal gema en yacimientos de la Cordillera Oriental, además en fuentes saladas y en salinas marinas de la Costa Atlántica. Las ocurrencias de sal son un monopolio del Estado, con excepción de fuentes con una concentración menor de 6º Beaumé. De las 382.000 toneladas explotadas en 1966 son unas 301.000 sal terrestre provenientes de la mina de Zipaquirá, en la Sabana de Bogotá y en proporción minúscula de fuentes saladas y 81.000 toneladas de las salinas marítimas de Manaure (Guajira) y Galerazamba (Bolívar). En 1967 subió la producción de sal marina a 160.000 toneladas, la de sal terrestre a 310.000 toneladas dando un total de 470.000 toneladas. De la producción terrestre se emplean más de 100.000 toneladas para usos industriales, las restantes para consumo humano y animal. En 1952 se inauguró la Planta de Soda en Betania que utiliza sales de Zipaquirá y trabaja por el procedimiento Solvay y el procedimiento

electrolítico. Los productos son soda cáustica, soda ash, bicarbonato de soda, cloro, hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico (1.540 toneladas en 1964) y otros. Los Cuadros 16 y 17 muestran las produc-

PRODUCCION DE SAL

(000) t.

CUADRO 15

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
México	743	1.064	1.292	1.215	1.782	2.200	2.432	
Brasil	923	889	1.240	1.233	754	1.200	1.442	
Argentina . .	570	416	506	272	391	735	776	
Colombia . . .	303	336	305	297	340	331	382	470
Venezuela . .	79	147	145	76	203	172	172	
Perú	106	87	94	90	133	124	173	
Chile	43	46	51	48	92	99	203	
Ecuador . . .	30	31	32	35	35	35	35	
Costa Rica .	—	—	—	6	20	2	2	
Panamá . . .	7	8	10	10	11	11	9	

PRODUCCION DE SODA

(000) t.

CUADRO 16

	1962	1963	1964	1965	1966	1967
1. México	88.0	95.9	98.2	104.0	—	
2. Brasil	71.0	76.3	76.2	70	91	
3. Colombia	38.4	36.7	38.2	37.6	39.1	39.7

PRODUCCION DE SODA CAUSTICA

(000) t.

CUADRO 17

	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Brasil	85.0	86.0	89.0	69.0	69	
México	73.3	87.6	79.8	102.0	110	
Argentina	54.7	58.3	70.5	76.0	75	
Colombia	29.7	32.3	32.5	35.7	37.3	42.9
Perú	7.9	8.0	7.3	14.0	14	
Chile	6.6	7.0	—	—	—	

ciones de 1962 a 1966 de soda cáustica y soda ash, figurando Colombia en el 4º y 3º puesto respectivo, entre los productores de América Latina. En mayo de 1967 se inauguró una 2ª planta de soda en Mamonal, Cartagena, que utiliza sales marinas de Manaure y Galerazamba, cuyas producciones fueron aumentadas de 81.000 a 160.000 toneladas de 1966 a 1967. Los productos se destinarán para el consumo de la costa y para la exportación. La capacidad de esta planta es de 600 toneladas diarias de carbonato de sodio (soda ash), 230 toneladas de soda cáustica y 45 toneladas de cloro. Se producirán también sulfuro de sodio y cloruro férrico.

Frente a la planta de Soda de Betania se montó una planta de cloruro de polivinilo (PVC) para la industria de los plásticos, donde se usan sobrantes de cloro de la planta de soda y carburo de calcio producido por la Colombiana de Carburo y Derivados S. A. (Colcarburo) en Nare, Antioquia.

SALES DE POTASIO

No se conocen yacimientos de estas sales fertilizantes. Por esta razón Colombia depende en este renglón de abonos químicos de la importación.

AZUFRE Y ACIDO SULFURICO

Colombia ocupa el 4º puesto entre los productores de azufre en América Latina (Cuadro 18). La demanda se suple esencialmente de la producción que ha aumentado de 9.000 toneladas en 1960 a 24.000 toneladas en 1967, en menor escala de importaciones (1.500 toneladas en 1964 y 2.400 toneladas en 1963). La fuente principal son cenizas volcánicas con 35 a 40% S y volúmenes de unos 6 millones de toneladas en el Volcán de Puracé (Cauca). Unas 9.000 toneladas por año se explotarán como subproducto de la refinación de petróleo de la Empresa Colombiana de Petróleos en Barrancabermeja. Sin explotar el azufre hay otras varias fuentes: cenizas volcánicas de los Departamentos de Nariño, Caldas y Tolima, piritas y otros sulfuros que ocurren en la minería de oro, y piritas de ciertos horizontes arcillosos de estratos cretáceos.

Del azufre se produce en primer término el ácido sulfúrico, materia prima de gran importancia y demanda en la creciente industrialización del país. La producción de este producto aumentó de 26.000 toneladas en 1960 a 60.000 toneladas en 1966 (Cuadro 19). En 1964 se importaron 1.200 toneladas de ácido sulfúrico.

PRODUCCION DE AZUFRE
(000) t.

CUADRO 18

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
México	1.326	1.245	1.447	1.553	1.725	1.582	1.712	1.890
Chile	31	45	76	57	60	46	53	42
Argentina	40	22	23	23	22	22	30	27
Colombia	9.1	10.1	10.2	13.0	12.1	18.4	20.9	24
Cuba	8	9	12	15	14	14	14	
Brasil	—	3	5	6	—	—		
Bolivia	1	5	7.4	10	11	9.4	57.5	86.0

PRODUCCION DE ACIDO SULFURICO
(000) t.

CUADRO 19

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
México	249	273	318	390	433	508	580	
Brasil	210	240	276	280	290	490	430	
Argentina	132	127	118	109	151	162	150	152
Antillas Holandesas	147	154	167	154	148	137	106	116
Chile	84	117	129	130	167	193	212	
Colombia	26	30.4	32.8	35.4	38	54	60	72
Venezuela	2	3	6	31	53	—		
Perú	30	29	29	33	47	49	54	

MERCURIO

Existen varias manifestaciones de mercurio, principalmente en la Cordillera Central, relacionadas con rocas intrusivas terciarias. De mayor interés son las manifestaciones de Aranzazu (Departamento de Caldas) y de Cajamarca (Tolima). Los yacimientos de Cajamarca eran importantes en el tiempo de la Colonia. Los de Aranzazu, se explotan con interrupciones desde 1955. Las producciones varían mucho (ver Cuadro 20). Colombia figura en la explotación con gran distancia a México, Perú y Chile, en el 4º puesto. Las importaciones fueron de 3.100, 5.900 y 7.300 kgs. en los años de 1962, 1963, 1964, respectivamente.

PRODUCCION DE MERCURIO
(FRASCOS DE 76 LIBRAS)

CUADRO 20

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
México . . .	20.114	18.101	18.855	17.202	12.560	19.166	22.100	
Perú	3.034	3.001	3.483	3.092	3.275	2.837	2.750	
Chile	2.876	1.509	791	613	267	434	290	
Colombia . .	150	190	—	3	4	50	84	191

(EN TONELADAS)

México . . .	689	624	650	562	433	662	761	
Perú	105	103	121	107	113	94	91	
Chile	99	52	27	21	9	15	10	
Colombia . .	5.1	6.6	—	0.1	0.1	1.6	2.9	6.6

ORO

Colombia fue en el siglo XVII el principal productor de oro con un aporte de 40% en la explotación mundial. Hoy, el país aunque ocupa todavía el primer puesto en la minería de oro en Latinoamérica (Cuadros 21 y 22), su aporte ha disminuído hasta menos del 1% en la producción mundial. Se estima la producción desde la Colonia (1537) hasta 1900 en 1.331 toneladas de oro. De 1901 hasta 1967 se han explotado más de 645.5 toneladas, lo que equivale a cerca de 10 toneladas por año, con un valor de unos once millones de dólares anuales.

PRODUCCION DE ORO
(ONZAS TROY)

CUADRO 21

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Colombia	401.060	396.825	324.518	364.991	319.362	280.823	258.186
México	268.684	236.758	237.948	209.976	215.795	213.609	181.491
Nicaragua	226.251	221.984	204.769	225.581	198.152	199.108	177.702
Brasil	119.634	127.156	131.979	142.492	155.031	167.055	172.000
Bolivia	80.191	35.034	153.019	128.576	94.314	86.982	55.069
Perú	137.418	122.985	101.019	92.503	105.183	94.978	95.559
Chile	56.499	65.009	77.294	64.993	58.897	74.513	55.964
Venezuela	30.071	28.774	26.947	33.536	23.665	18.872	18.917

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Ecuador	15.210	20.591	21.041	17.681	11.447	10.901	6.138
Surinam	4.011	2.592	3.548	8.258	6.270	5.159	4.500
Haití	4.341	7.149	6.778	8.090	6.719	5.071	—
Honduras	2.274	2.811	3.070	3.401	4.090	4.274	5.924
Guayana Francesa ..	7.944	5.273	6.993	4.823	—	632	7.584
Guayana Inglesa ...	1.702	1.903	2.848	2.111	2.090	3.045	2.379
El Salvador	—	692	230	390	290	236	—

Habiendo sido anteriormente el oro de una importancia muy destacada para la economía y exportación del país, se entendía bajo el nombre de minería preferentemente la explotación de este metal noble. Hoy la minería comprende la producción de muchos otros recursos minerales, metálicos y no metálicos, de gran valor para el desarrollo industrial del país; en esta evolución el oro, aunque todavía muy importante, ha perdido su posición preferencial.

En los últimos años se nota una disminución de la producción de oro comprendida en las estadísticas oficiales, disminución que se explica por un lado con los mayores gastos de explotación (salarios, prestaciones, administración, equipos, transportes, etc.), y por el otro lado con el precio oficial mundial del oro que quedó sin variar desde 1934 en US\$ 35 por onza Troy (31.1 gr.). Sin embargo hay que admitir que existe también otra producción (con un volumen desconocido) no controlada, inspirada y fomentada por los mayores precios que se obtienen en el mercado privado.

Respecto a los crecientes gastos, la minería se ha defendido y está defendiéndose con mecanizaciones en mayor escala que trajeron como consecuencia la concentración de producción en poder de grandes compañías. De esta manera mermó la importancia de los medianos y pequeños mineros que antes de la guerra mundial alcanzaron 2/3 partes de la producción, mientras que hoy solo 5 compañías producen entre 65 y 85% de la producción total registrada. De la producción provienen unos 72% de aluviones técnicamente explotados, 25% de filones y hasta 3% del mazamorreo, que es la explotación de oro corrido (aluviones), hecha con implementos primitivos (batea).

El principal distrito aurífero es y fue también en los tiempos de la Colonia el Departamento de Antioquia, situado en la Cordillera Central. De allá proviene en general más del 75% de la producción de oro. En importancia sigue el distrito auro-platinífero del Chocó, con 10 a 15%, situado en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental; el Departamento de Nariño con 6-7% y el de Caldas con 2-4%.

Las principales minas de filón se encuentran en Segovia y Remedios, explotadas por la Frontino Gold Mines Ltd. Esta compañía tiene instalaciones modernas y extrae en Segovia los minerales por un apique inclinado de más de 1.300 metros de longitud. Las grandes compañías para los aluviones de Antioquia, del Chocó y de Nariño son: Pato Consolidated Gold Dredging Co., Compañía Minera Chocó-Pacífico, Nóvita Mines Corp. y Minera de Nariño. Estas compañías tienen 14 a 16 dragas y trabajan además con métodos hidráulicos de monitores, elevadores y canalones.

PRODUCCION DE ORO
(Kgs.)

CUADRO 22

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Colombia	12.473	12.341	10.092	11.351	9.932	8.734	8.030
México	8.357	7.364	7.401	6.531	6.711	6.652	5.646
Nicaragua	6.985	6.870	6.314	7.016	6.163	6.192	5.526
Brasil	3.763	3.955	4.104	4.431	4.821	5.195	5.349
Bolivia	2.404	1.088	4.758	3.993	2.933	2.705	1.713
Perú	4.274	3.825	3.142	2.877	3.271	2.954	2.972
Chile	1.549	1.762	1.642	2.021	1.832	2.317	1.740
Venezuela	935	895	838	1.043	736	587	588
Ecuador	473	640	654	550	356	339	191
Surinam	125	81	110	256	195	160	140
Haití	135	223	211	252	209	158	—
Honduras	52	87	95	101	127	133	184
Guayana Francesa .	247	164	217	150	—	20	236
Guayana Inglesa ...	49	54	86	60	65	95	75
El Salvador	—	22	7	12	9	7	—

Respecto a la explotación del oro primario de filones hay que advertir que en las minas se extrae y se ha extraído solamente el oro argentífero y desperdiciándose totalmente los metales acompañantes de plomo, zinc, cobre, pirita, etc., perdiéndose así en el curso de los tiempos enormes valores para la minería, arrastrados por las quebradas. La razón era en primer término la comodidad, pues el oro por sí solo pagaba fácilmente todos los gastos y no existía el interés de complicar la minería con nuevos métodos. Para subsanar las deficiencias, la Escuela de Minas de Medellín, como centro de enseñanza y guía minera, destacó en 1933 ante el Gobierno y las Cámaras la conveniencia de instalar en algunos distritos mineros, centrales de beneficio o plantas metalúrgicas donde

debían aplicarse los métodos adecuados de separación de los metales de varias minas en escala de ensayo primero y después en escala semi-industrial. A raíz de una ley, se montaron plantas de esta índole en Medellín, Ibagué, Pasto y en el Laboratorio Químico Nacional en Bogotá. Desafortunadamente estas plantas no dieron los resultados esperados por falta de personal, fondos, repuestos, etc. Así, según mi entender, solamente en la mina de Segovia (Antioquia), por iniciativa privada, se obtiene oro argentífero y se separan por beneficio húmedo gravimétrico y flotación, concentrados de minerales de plomo (galena), de zinc (blenda) y de pirita.

Actualmente está reviviendo el interés de extraer el total de los metales o minerales útiles para la mayor productividad de una mina, aplicando los adecuados métodos de beneficio. Así puede ocurrir que una mina de oro no explotable solo por el contenido de oro, puede dar resultado económico por los metales acompañantes de plomo, zinc o cobre y que estos últimos minerales pueden ser los principales y el oro un metal valioso pero de orden secundario. A este respecto, la planta de beneficio de Medellín, instalada durante la guerra mundial, recientemente fue renovada para prestar nuevos servicios oficiales para la minería de Antioquia. Al mismo tiempo y separadamente las grandes industrias de Antioquia fundaron la Compañía Promotora Metalúrgica Colombiana Ltda., para el fomento de la minería en el mismo sentido. Según sus prospectos, se propone el montaje de una potente planta metalúrgica en La Dorada, que utilizaría los concentrados de muchas minas de los vecinos distritos mineros de Antioquia, Caldas y Tolima, hoy en la mayor parte abandonadas o con poca producción, para extraer el oro, plata, los metales básicos: plomo, cobre y zinc y para producir ácido sulfúrico de los sulfuros, etc. Se trata, pues, de un nuevo intento, propuesto en la Escuela de Minas en 1933, pero en mayor escala y con iniciativas particulares, de aprovechar el total de los metales y minerales que se presentan en las minas y que hasta ahora se han desperdiciado.

También revivió un gran interés de compañías mineras y particulares en reactivar minas viejas abandonadas y denunciar nuevas minas, principalmente en la Cordillera Central.

De interés es respecto al oro primario la siguiente observación adicional: En terrenos compuestos de rocas intrusivas terciarias (del tipo andesítico) existe la mineralización de oro argentífero, metales básicos (cobre, plomo, zinc), arsénico, antimonio, selenio y telurio en muchas venitas y agujitas y también como impregnación diseminada de la roca. La explotación de una aguja de pocos centímetros se efectúa por galerías, etc., de más de un metro de

ancho. El oro en las impregnaciones se pierde. Para esta clase de formación conviene definir mediante ensayos la posibilidad de una explotación económica a tajo abierto mecanizada, p. e.: en las minas de Marmato, Vendecabezas, Toldafría y Gallinazo, en el Departamento de Caldas. Con estos experimentos podrían abrirse halagadoras perspectivas para la minería.

La mina de Marmato, de propiedad de la Nación, se explota por pequeños arrendatarios y produce pérdidas para el Erario Nacional.

PLATA

La producción de plata (3.3 a 4.2 toneladas o 105.000 a 130.000 onzas Troy anuales) es muy reducida y pone a Colombia apenas en el 9º puesto para este metal en América Latina (Cuadro 23). La razón es que hoy no se explotan minas de galena (sulfuro de plomo), mineral que en el mundo es la principal fuente de plata. Así solamente una cantidad insignificante se obtiene de concentrados de plomo (galena) producidos en el beneficio de minerales de oro en Segovia (Antioquia) mientras que casi la totalidad proviene como subproducto de oro. El oro de aluviones y más el de filones siempre contiene ciertos porcentajes de plata que se separa en la casa de moneda y en los respectivos laboratorios de fundición y ensayos. Minas de oro con un alto contenido de plata, p. e.: de Titiribí (Antioquia), Supía, Echandía y Marmato (Caldas) están abandonadas o con poca producción. También están abandonadas minas de galena en el Tolima (Guayabal, Frías, Fresno y otras).

PRODUCCION DE PLATA TONELADAS

CUADRO 23

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
México	1.255	1.281	1.330	1.298	1.255	1.306	1.191
Perú	1.063	1.024	1.145	1.152	1.284	1.022	1.151
Bolivia	121	117	152	151	128	160	156
Honduras . . .	110	93	151	100	113	115	
Chile	68	58	73	92	102	112	
Argentina . . .	64	65	60	61	70	70	
Brasil	7	8	9	9	9	9.4	
Nicaragua . . .	13	15	13	10	12	14	
Colombia	4	4.1	3.3	4.1	3.6	3.4	3.45
Ecuador	3	4	3.8	3.6	2.2	2.4	

La reducida producción de plata impone la necesidad de importación de este metal en bruto, entre otros usos para la manufactura de plata martillada colombiana, muy apreciada en el exterior. Las importaciones anuales eran de 1.6 a 1.7 toneladas en los años de 1963 y 1964. No hay exportaciones de plata en bruto.

PLATINO

Colombia es el único productor de platino en América Latina. La estadística colombiana da como producción la explotación de este metal noble que varía entre 11.000 y 23.000 onzas Troy o 350 y 715 kgs., por año; sin embargo, la estadística americana del Mineral Yearbook da para Colombia cifras mayores que se explican por exportaciones no controladas. La producción total de platino de Colombia desde su descubrimiento en 1735 hasta 1966 se estima en algo más de 70 toneladas.

En promedio el platino bruto colombiano contiene 85% de platino, el resto se compone en proporciones variables de rodio, osmio, iridio, paladio, además de hierro, cobre y poco oro. (Cuadro 24).

PRODUCCION DE PLATINO (ONZAS TROY)

CUADRO 24

1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
28.855	29.844	22.052	28.592	23.281	19.983	17.780	12.400

Colombia es el único productor de platino en América Latina.

Colombia, el segundo productor de platino antes de la primera guerra mundial, ascendió después de la destrucción de las instalaciones de las minas en los Urales (1917) por la revolución bolchevique, al primer puesto, muy destacado en el mundo. Los aluviones platiníferos obtuvieron fama mundial y atraieron capitales, técnica y estudios. Hoy, Colombia ocupa el 5º puesto en la producción mundial (de más de 1.500.000 onzas Troy anuales) después de Africa del Sur, Canadá, Rusia y Estados Unidos. La producción proviene en Africa del Sur de yacimientos primarios, en Canadá y Estados Unidos principalmente como subproducto de refineries de níquel y cobre y en menor escala de aluviones, en Rusia principal-

mente de aluviones y en menor proporción como subproducto de refineries de níquel y cobre y en Colombia solamente de aluviones. El porcentaje de Colombia en la producción mundial es de 2%.

El platino ocurre en Colombia en aluviones casi exclusivamente en la Cordillera Occidental, en regiones compuestas de rocas ultrabásicas (con olivina). Manifestaciones de platino primario con níquel, cobalto y cromo se conocen en algunos sitios en el curso medio de los ríos Condoto e Iró y en los nacimientos de los ríos Tarena y Tamaná, todas localizadas en el Chocó, en la falda occidental de la Cordillera Occidental. Todavía no existen estudios referentes a su explotabilidad. La explotación de platino se realiza únicamente de aluviones fluviales y de cerro, las cuales contienen en variables proporciones también oro corrido cuyo contenido en algunas regiones predomina sobre el del platino. Los aluviones más importantes se encuentran en el Chocó, en las hoyadas de los ríos San Juan y Atrato y sus tributarios. Del Chocó proviene más del 95% del platino producido. En segundo plano, en proporción ya muy reducida, figuran los aluviones auro-platiníferos del Departamento de Nariño de los ríos Telembí (Barbacoas) y Patía. De menor importancia son aluviones intermedios entre las 2 zonas mencionadas, conocidas en los Departamentos del Cauca y Valle del Cauca, al pie occidental de la Cordillera Occidental. Conviene mencionar también manifestaciones de platino aluvial situados en el Departamento de Antioquia en el flanco oriental de la Cordillera Occidental y en la Serranía de Abibe.

Según recientes informaciones, el platino se presenta también en aluviones marinos de magnetitas titaníferas en las costas de los Océanos Atlántico y Pacífico.

La explotación de los aluviones de las 2 zonas principales se efectúa por las compañías grandes mencionadas en el capítulo de oro: Compañía Minera Chocó Pacífico, Nóvita Mines Corporation y Pacific Metals Corporation, por medio de 6 a 8 dragas y métodos hidráulicos de monitores, elevadores y canalones; además, por pequeñas compañías y, por numerosos mazamorreros negros independientes (hombres y mujeres) que aguantan el clima malsano de estas regiones mejor que blancos o mulatos, y alcanzan apreciables producciones, poco controlables.

Aluviones de platino u oro que contengan gravas y arenas sin bloques grandes de rocas y condiciones apropiadas del terreno pueden explotarse por modernas dragas con tenores de estos metales tan bajos que descartan la explotabilidad por cualquier otro método. A este respecto es de interés el dato que la Pato Consolidated Gold Dredging Co. está excavando gravas auríferas de solo US\$ 0.10

a 0.12, o sea de 0.1 gr. de oro por yarda cúbica. Para aluviones platiníferos el tenor metálico explotable podría bajar mucho más debido al mayor valor del platino. La onza Troy de oro vale US\$ 35, la del platino más de US\$ 200.

URANIO

Desde los principios del presente siglo se conocían pechblenda o uraninita del Norte de Santander, que en esta época solamente tenía interés mineralógico. En los años de 1950 a 1956, geólogos americanos y del Servicio Geológico Colombiano hicieron exploraciones de radioactividad en el territorio colombiano, localizando el Macizo de Santander en la Cordillera Oriental como región de mayores perspectivas uraníferas. Se entregaron dos concesiones para exploración y explotación de uranio en la región de La Baja cerca de California (Santander) y dos en la región de Pamplonita (Norte de Santander). La principal región es la de California, a 50 km. al norte de Bucaramanga. Se trata de un terreno atravesado por varios filones metalíferos que contienen esfalerita (blenda de zinc), wurtzita, piritita, galena, arsenopiritita, cobre gris de As y Sb, varios sulfuros de cobre y plata, oro libre y combinado y como ganga cuarzo y calcita. La minería de oro y plata de gran empuje anteriormente, es hoy de reducida importancia. Los minerales de uranio son: cofinita, clarkeita, metatorbernita, metaautunita, uraninita y otros; además se presentan tierras raras: neodimio, itrio, cerio. La mineralización, principalmente la radioactiva, está relacionada con cuarzos pórfiros y las breccias adyacentes. Las rocas del Macizo se componen de batolitos ácidos (Triásico) y esquistos metamórficos de edad precambriana y paleozoica. En esta región están adelantando trabajos de exploración con la consigna de utilizar todos los metales existentes. En la segunda región (de Pamplonita, en el Departamento Norte de Santander), se presentan pegmatitas de cuarzo, feldespatos y mica con nidos de pechblenda y otros minerales radioactivos.

BAUXITA

Es el principal mineral de aluminio.

Desde hace años está manifestándose bastante interés por posibles y presuntos yacimientos para la fabricación de aluminio metálico, materiales refractarios, sulfato de alúmina y otros usos. Se conoce un pequeño yacimiento entre Santa Rosa y Yarumal

(Antioquia) de menor calidad con una reducida explotación, destinada para materiales refractarios (Erecos) y manifestaciones de un mineral muy rico con volúmenes desconocidos, en el río Guayabero, en los Llanos Orientales. Por eso se importan apreciables cantidades para refractarios y para la fabricación de sulfato de aluminio (para acueductos). La importación para estos fines empezó en 1958 con 1.800 toneladas. En 1965 y 1966 se importaron 9.170 y 7.400 toneladas, respectivamente. En 1958 se fabricaron 2.670 toneladas de sulfato de aluminio, que en 1964 alcanzó la cifra de 17.500 toneladas. En 1956 a 1958 se importaron 7.730, 7.440 y 4.460 toneladas de sulfato de aluminio, en 1959 solo 198 toneladas, en 1964 1.140 toneladas.

METALES BASICOS: COBRE, PLOMO, ZINC

Minerales de metales básicos: cobre, plomo y zinc se conocen en muchas partes y fueron explotados en los tiempos coloniales y postcoloniales; también en el presente siglo como lo demuestran las ruinas de minas e instalaciones. Sin embargo, no cobraron mayor importancia para el mercado mundial. Un nuevo incentivo era la escasez de minerales a raíz de la segunda guerra mundial. Las consecuencias eran explotaciones y exportaciones menores, fabricación de óxido de zinc y zinc metálico por vía electrolítica, plantas de fundición de plomo y producción de sulfato de cobre, etc. Con la baja de los precios internacionales se mermó el estímulo después de la guerra. Desde hace 15 años se despertó un nuevo interés por la minería de materias primas, metálicas y no metálicas, para la creciente industrialización, que se manifiesta en muchas solicitudes (2.850) de concesiones y permisos (más de 400) presentadas al Ministerio de Minas y Petróleos. Sin embargo, solamente pocas se convirtieron en contratos de explotación. En lo que se refiere a los metales básicos mencionados se explota actualmente poco cobre en Gachalá y están adelantadas prospecciones para cobre en California (Santander) donde también se presenta el zinc; en la mina de oro de Segovia se separan anualmente 600 a 2.400 toneladas de concentrados de plomo argentífero con 70% Pb. Se abriga la gran esperanza de recuperar mayores cantidades de estos metales como subproducto de la minería de oro en centrales de beneficio o plantas metalúrgicas, como se ha explicado en el capítulo "oro".

NIQUEL

De interés son manifestaciones y yacimientos de minerales de níquel en lateritas, rocas ultrabásicas y minerales de hierro conocidos en los Departamentos del Chocó, Antioquia, Córdoba, Nariño y Guajira. Desde 1956 hasta 1967 se han presentado al Ministerio de Minas 28 solicitudes de concesiones de níquel. Nuevos yacimientos fueron descubiertos por el Inventario Minero. No se conocen datos suficientes para poder apreciar las perspectivas de la utilización técnica y económica de los yacimientos.

En la minería mundial, el níquel está cobrando una progresiva importancia. Así, la producción minera de este metal de 300.000 toneladas en 1957 subió a 427.000 toneladas en 1967, provenientes estas en $\frac{3}{4}$ del bloque occidental y en $\frac{1}{4}$ del bloque oriental (Rusia con satélites). El consumo aumentó de 235.000 toneladas en 1957 a 425.000 y 460.000 toneladas en los años de 1965 y 1966 respectivamente y fue abastecido en los últimos años por la producción y las reservas existentes. Persiste pues actualmente una escasez pasajera y consecuentemente subidas del precio de níquel electrolítico de US\$ 0.74 en 1957 a US\$ 1.01 a mediados de 1968. En vista de esta situación, conocida de antemano, ya están en ejecución labores destinadas a aumentar la capacidad minera de níquel en unas 170.000 toneladas anuales hasta 1970/71, por el grupo occidental, existiendo además proyectos de incrementarla a unas 600.000 toneladas anuales hasta 1975. Estos proyectos parecen factibles debido a muchos nuevos descubrimientos de yacimientos niquelíferos.

TITANIO

Titanio y sus minerales son materias primas cuya importancia ha aumentado enormemente desde la segunda guerra mundial. Se emplean en forma de óxido de titanio, denominado blanco de titanio, en las industrias de pintura, papel y otras y como metal de aleación relativamente liviano (peso específico de 4.5) para la fabricación de aceros especiales, tenaces, con gran resistencia al calor y a la corrosión de múltiples aplicaciones: en la técnica espacial y de armamentos, en aviones jet, submarinos, equipos para las industrias químicas, alimenticias, etc.

En el mundo existen muchos depósitos de "arenas negras" de magnetitas, minerales estos de hierro y titanio íntimamente combinados que no servían ni para hierro ni para titanio porque se

presentaron grandes dificultades de separarlos por tratamientos mecánicos y metalúrgicos. Pero, debido a la creciente demanda de titanio, la industria metalúrgica hizo muchos estudios y ensayos de disgregación de los dos componentes y obtuvo diferentes resultados técnicos y económicos. Actualmente parece el método de reducción directa, ensayado en gran escala, el más apropiado y económico para obtener separadamente titanio y hierro esponja.

En Colombia se conoce el mineral de titanio como ilmenita (óxido de titanio y hierro) en los extensos aluviones marinos de magnetitas titaníferas (ya mencionados en el capítulo Minerales de hierro), en las costas de los Océanos Atlántico y Pacífico, en pequeños yacimientos de magnetita de la Sierra Nevada de Santa Marta (Sevilla), en la Alta Guajira, en arenas magnéticas del Tolima y en otros sitios. En los citados aluviones marinos localmente se ha encontrado recientemente algo de platino. A pesar de centenares de solicitudes de concesiones de hierro presentadas al Ministerio de Minas y Petróleos en los yacimientos anotados no existen explotaciones mineras en ellos, lo que se debe a las dificultades siderúrgicas para esta clase de minerales. Sin embargo, para tener probabilidades de utilizar estos minerales es indispensable llevar a cabo estudios técnicos, metalúrgicos y económicos a fondo.

Colombia importa anualmente 2.300 a 2.800 toneladas de blanco de titanio, por valor de 1.2 a 1.4 millones de dólares.

OTROS METALES Y METALOIDES

a) Cromo, manganeso, antimonio.

Esporádicamente se explotan cromita, óxidos de manganeso y estibina (sulfuro de antimonio). Durante y después de la guerra se exportaron pequeñas cantidades de estibina.

b) Demás minerales.

Se conocen en varias partes, pero no se explotan manifestaciones y yacimientos de estaño, molibdeno, cobalto, arsénico, selenio, telurio, etc.

MINERALES NO METALICOS Y SALES

ESMERALDAS

Colombia es el principal productor de esmeraldas en el mundo y el único en América Latina. Su contribución en la explotación mundial anual se estima en 80 a 90%. Por ser las esmeraldas colombianas las más apreciadas del mundo, el país tiene una especie de monopolio en este renglón de piedras preciosas. La producción "registrada" varía de año a año en grandes límites (Cuadro 25).

ESMERALDAS

CUADRO 25

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Tallables, quilates .	37.802	51.190	50.560	75.224	41.551	64.105	72.946
Morralla, quilates .	88.679	293.617	2.003.706	923.231	402.714	490.869	777.089
Total quilates . .	126.472	844.806	2.054.266	998.455	444.265	554.974	850.035
Venta del Banco de la República, \$ Col.	945.990	1.821.219	4.964.726	9.000.000	12.000.000	—	3.000.000

La unidad de peso es el quilate, que son 200 miligramos o 1/5 de gramo. Aparte de esta producción existe otra no controlada, clandestina y bastante grande, lo que es un secreto abierto. En la estadística se distinguen: 1º Piedras o gemas tallables, que a su vez se discriminan en seis clases según su tamaño, pureza, color, transparencia, inclusiones (jardines), etc. La mejor clase se llama gota de aceite; y 2º Las piedras no tallables se llaman morrallas, que se emplean en bruto en artículos de joyería de menor valor y se exportan en gran parte para la India, donde se atribuyen a las piedras verdes ciertas propiedades místicas. En 1964, la exportación registrada de piedras preciosas en bruto (principalmente esmeraldas, pero no morrallas), tenía un valor de US\$ 374.100 y de gemas lapidadas sin montar un valor de US\$ 142.000.

La zona esmeraldífera se extiende en la Cordillera Oriental en dirección NW a SE, desde el Territorio Vásquez y Chiquinquirá a la vertiente oriental de la cordillera, con las mayores concentraciones hoy conocidas en los dos extremos de esta zona: en las minas de Muzo, Coscuez y Peñablanca al oeste y en la mina de Chivor y terrenos adyacentes, al este. Las minas de Muzo, Coscuez y Peñablanca se encuentran en la zona de reserva esmeraldífera nacional. El Banco de la República, según contrato firmado en 1946, está encargado de la explotación y administración de Muzo y Cos-

cuez, también de la lapidación y la venta de esmeraldas. En la mina Peñablanca no hay explotaciones oficiales. La mina de Chivor, en el Municipio de Almeida (Boyacá), redimida a perpetuidad, pertenece y se explota por la Chivor Emerald Mines Inc. y contratistas de esta compañía americana. En esta región existen otras minas pertenecientes a la Nación pero en explotación por particulares con permisos otorgados (por 5 años) por el Ministerio de Minas y Petróleos: Providencia, Mundo Nuevo, Achioté, Diamante, Boca del Monte, Las Cruces, Montecristo, Vega de San Juan, Gualí, Somondoco.

La explotación de las minas se efectúa hoy solamente a tajo abierto con pica, barrenos, garlanchas y pocos explosivos. Aguas acumuladas en grandes tambres se sueltan rápidamente para arrastrar con presión el estéril de la explotación hacia la profundidad. Buldózers remueven también el material estéril. El recogido de esmeraldas de una veta, que aparece en el curso de los trabajos de destape se realiza por la persona encargada para este fin.

Algunos resultados halagadores obtenidos en verdad en la búsqueda o explotación de esmeraldas, pero en la mayoría de los casos solo imaginados y fuertemente propagados, hicieron subir la fiebre "verde" o de esmeraldas en la gente aficionada con las consecuencias de que se buscan, exploran y explotan clandestinamente esmeraldas. También se solicitaron del Ministerio de Minas y Petróleos, permisos de exploración y explotación que pueden otorgarse para áreas no mayores de 50 hectáreas y para 5 años (prorrogables). De las solicitudes en número de más de 700 se convirtieron hasta la fecha solo 18 en contratos de permisos. Esta "fiebre verde" combinada con envidias, celos y rencores es la causa de ambientes de inseguridad y de muchos actos ilícitos y criminales, de los cuales los periódicos dan cuenta con frecuencia en su "crónica roja". Por esta razón, se necesitan en las minas fuertes destacamentos de policía para su seguridad: en las minas de la Nación, de Muzo y Coscuez, de Chivor y en las otras minas otorgadas con contratos de permisos.

Al estudiar la "Historia de las Esmeraldas de Colombia" de Rafael Domínguez A., salen a la vista los numerosos contratos formalizados para la explotación de las minas de Muzo y Coscuez, de propiedad de la Nación, y las grandes dificultades que se han presentado desde los tiempos de la Colonia hasta hoy con pocos resultados económicos.

Para cambiar y mejorar la situación de la minería e industria de esmeraldas, el Gobierno en el Decreto 1988 de 1961 consideró conveniente "vincular capital privado a las minas de la reserva na-

cional esmeraldífera, con el objeto de incrementar su explotación, 'combatir el contrabando', crear nuevos frentes de trabajo y obtener otra fuente de divisas" y autorizó al Ministerio de Minas y Petróleos para organizar la explotación comercial de estas minas por una sociedad con participación de la Nación y del capital privado nacional o extranjero bajo la razón social "Esmeraldas de Colombia". Esta sociedad podría hacer parte de otras compañías oficiales, semioficiales o privadas con fines sociales iguales o similares. A raíz de este decreto surgieron esperanzas de incrementar, organizar y modernizar la minería de esmeraldas de Colombia y de poner los controles necesarios en la explotación y el comercio, para obtener mejores rendimientos. Se presentaron varios proyectos y ofertas; entre estas la de una compañía inglesa versada en explotación de diamantes y control del comercio internacional de esta piedra preciosa, que podría tomar también el control del comercio internacional de esmeraldas. Para la formación de esta sociedad se han presentado inconveniencias y dificultades.

Un nuevo paso para solucionar los problemas de la minería e industria de esmeraldas da el Decreto 912 de 1968. En este se fija una base para crear "en condiciones de organismo enteramente oficial la 'Empresa Colombiana de Esmeraldas' como entidad autónoma de tipo comercial e industrial con patrimonio propio e independiente, personería jurídica y domicilio en Bogotá". A esta Empresa pasarán las minas de Muzo y Coscuez, explotadas y las demás funciones relacionadas con esmeraldas, ejecutadas, según contratos desde 1946, por el Banco de la República, comprendidos en éstas el manejo de las esmeraldas, morrallas, etc., provenientes de permisos de explotación otorgados por el Gobierno a particulares. Además la Empresa obtiene por el Decreto varias facultades que son: a) de adquirir otras minas de esmeraldas, de piedras preciosas y semipreciosas, de berilo y de otros minerales, lo mismo que depósitos de propiedad privada; b) de lapidación, compraventa y distribución de de estos minerales; c) de organizar, de acuerdo con las reglamentaciones que expida el Gobierno, el comercio interno y externo de estos minerales; d) de realizar todas las operaciones comerciales e industriales en los mercados nacionales e internacionales con el fin de obtener los mejores beneficios para la industria de esmeraldas de Colombia. En general, la Empresa tendrá las mismas facultades en relación con las demás piedras preciosas y semipreciosas y con los otros recursos minerales.

El decreto 912 prevé, cuando el Gobierno lo estimare conveniente, la transformación de este organismo enteramente oficial en una sociedad de economía mixta.

DIAMANTES

En la literatura minera de Colombia se encuentran datos sobre presuntos y misteriosos diamantes provenientes de la región de Tena-Viotá, situada al Oeste de Bogotá. La existencia de depósitos naturales de esta piedra preciosa en esta región debe descartarse desde el punto de vista geológico. Así, no existe o no se conoce una explotación de diamantes en Colombia. Sin embargo, se presentan posibilidades de depósitos en los Llanos Orientales, hasta hoy sin exploración en este sentido. Las posibilidades se deducen por consideraciones geológicas, pues diamantes se explotan en los antiguos Escudos del Brasil y de Guayana, de edad precambriana, que tienen su prolongación hacia Colombia, donde ocupan grandes áreas en la superficie y en el subsuelo. En los países de estos Escudos: Brasil, Venezuela y Guayana se explotan considerables cantidades de diamantes del tipo de gema e industriales. La explotación registrada de estos países fue en 1965 de unos 270.000 quilates de diamantes del tipo gema y 280.000 quilates de diamantes industriales.

OTRAS PIEDRAS PRECIOSAS Y DECORATIVAS

Con excepción de esmeraldas, no existen en Colombia explotaciones de piedras preciosas y decorativas organizadas por compañías. Estos minerales se extraen solamente por aficionados y exploradores que suministran el producto a joyerías, a coleccionistas y a museos y en parte lo exportan. La producción es aparentemente reducida y esporádica. Minerales de este renglón son: rubí, zafiro, zircón, aguamarina, amatista, cristales de cuarzo, ópalo, ágata, calcedonia, jaspe, madera petrificada (xilópalo), lidita negra, granates, turmalina, azabache, andalucita, feldespatos, etc.

PERLAS

Perlas naturales se explotan esporádicamente y sin técnica (sin escafandra) en la Guajira y en la isla de Gorgona. Muy apreciada pero muy escasa es la perla de Riohacha de color negro.

CEMENTO

En la producción de cemento de América Latina figura Colombia en el 4º lugar. El Cuadro 26 muestra que ya todos los países latinoamericanos tienen sus fábricas, en parte montadas o ensanchadas en los últimos años para independizarse de importaciones. La producción de Colombia aumentó de 580.000 toneladas en 1950 a 2.110.000 toneladas en 1966; el consumo por habitante de 50 kg/h en 1950 a 105 kg/h en 1966, lo cual significa un desarrollo rápido y bastante uniforme. La producción se efectúa en una planta de cemento blanco con una capacidad de 100 toneladas diarias y 13 plantas de cemento Portland (una en construcción) que con los ensanches hoy en elaboración, tendrán una capacidad de unas 10.000 toneladas diarias o de 3.000.000 toneladas de cemento anuales. Así queda en término general actualmente un amplio margen para aumentar la actual producción. Sin embargo, pueden presentarse las conveniencias de montar fábricas de menor capacidad en regiones apartadas de un aparente favorable desarrollo económico para evitar los grandes costos de transporte desde las existentes plantas. De la producción se exportaron en 1964 a 1967 170 a 227.000 toneladas de cemento Portland y 3.000 a 15.000 toneladas de cemento blanco, por valor de unos 2.3 millones de dólares anuales. Las importaciones son mínimas.

PRODUCCION DE CEMENTO EN AMERICA LATINA

(000) t.

CUADRO 26

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Brasil	4.474	4.711	4.971	5.154	5.564	5.545	6.050	6.288
México	3.089	3.035	3.352	3.762	4.339	4.322	4.500	5.136
Argentina	2.641	2.906	2.948	2.519	2.904	3.200	3.490	3.552
Colombia	1.447	1.572	1.725	1.810	1.944	2.088	2.110	2.140
Venezuela	1.487	1.513	1.509	1.570	1.867	1.913	2.110	2.280
Puerto Rico	933	1.035	1.088	1.218	1.358	1.240	1.370	1.620
Chile	835	905	1.147	1.169	1.267	1.190	1.370	1.236
Perú	601	594	701	754	813	1.023	1.071	
Uruguay	415	389	371	440	412	431	478	
Rep. Dominicana.	170	237	243	228	293	229	275	
Ecuador	201	219	214	258	288	325	342	
Jamaica	212	216	200	200	281	316	360	391
Guatemala	117	127	120	157	186	232	202	206

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Trinidad	177	98	165	162	176	189	212	
Panamá	109	126	135	142	125	165	150	
Salvador	86	75	65	78	90	90	143	150
Honduras	37	42	56	61	73	93	105	
Bolivia	40	45	49	58	65	65	65	
Nicaragua	32	39	46	54	61	66	84	
Haiti	48	44	57	50	56	42	38	
Costa Rica	—	—	—	—	37	119	115	
Paraguay	14	16	17	19	23	29	26	
Cuba	813	871	779	812	800	801	800	

Para la fabricación de cemento existen suficientes yacimientos de calizas, lo mismo puede decirse de arcillas y combustibles (carbón o aceites) presentándose solamente ciertas dificultades en lo que se refiere al yeso.

YESO

En la producción de yeso de América Latina Colombia figura en el 5º lugar (Cuadro 27). El yeso debe considerarse como mine-

PRODUCCION DE YESO

(000) t.

CUADRO 27

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
México	790	778	795	1.097	1.165	1.192	1.269	
Jamaica	250	227	224	232	195	212	221	
Argentina	145	180	214	196	150	220	200	
Chile	80	80	115	116	129	118	120	
Colombia	75	75	83	102	108	112	115	118
Rep. Dominicana.	325	409	439	35	109	95	95	
Brasil	103	156	108	106	84	72	75	
Venezuela	58	60	63	65	76	83	75	
Perú	63	64	61	67	70	66	65	
Cuba	26	19	19	22	—	—	—	
Guatemala	14	12	10	15	7	10	13	
Nicaragua	—	—	3	3	6	6	9	
Trinidad	7	3	4	4	3	2	2	

ral escaso en Colombia, pues sus yacimientos, en término general, son muy pobres y no pueden compararse, en cuanto a sus volúmenes y calidades, con los grandes depósitos de otros países (Estados Unidos, Canadá, Santo Domingo, etc.). A pesar de esta situación precaria, el país se abastece en su mayor parte por la explotación de sus yacimientos. El yeso se usa en su mayor parte en forma no calcinada en la fabricación de cemento; el yeso calcinado se emplea para materiales de construcción, ornamentación y muchas otras aplicaciones. En el país existen 6 plantas de calcinación de yeso. Las importaciones varían entre 3 y 8.000 toneladas anuales.

Debido a la escasez de yeso se están haciendo muchos esfuerzos de aumentar la producción y prospectar nuevos yacimientos. Al respecto existen grandes esperanzas de mejorar la situación de abastecimientos de yeso.

CALIZAS

En Colombia se encuentran muchos yacimientos de calizas de distintas calidades químicas y físicas y distintas edades geológicas desde el Devoniano hasta el Cuaternario. Se explotan anualmente casi 4 millones de toneladas, de los cuales se emplean 3 millones en la fabricación de cemento. El resto tiene muchas aplicaciones: fundente en siderúrgicas, en la planta de soda, para carburo de calcio, hornos de cal, construcciones, balastro, caliza molida y cal hidratada para la agricultura, etc. Sin embargo hay que anotar que la agricultura no utiliza suficientemente esta materia prima para su desarrollo.

DOLOMITA Y MAGNESITA

Entre 1956 a 1962 se explotaron anualmente entre 1.400 a 2.700 toneladas de dolomita. Las producciones de 1963 a 1967 fueron de 5.100, 3.200, 11.700, 6.480 y 11.600 toneladas, en su orden cronológico. Las explotaciones provienen principalmente de Amalfi (Antioquia) e Ibagué (Tolima). Se conoce también sin explotar dolomita con mucha piritita en Muzo y grandes yacimientos de calizas dolomíticas en varias regiones de la Cordillera Oriental y Central. De 1963 a 1967 se importaron 4.800, 4.600, 1.997, 3.373 y 3.294 toneladas de dolomita calcinada, principalmente para el procedimiento Thomas de Acerías Paz del Río.

Magnesitas se conocen en Santa Marta, Península de la Guajira y Bolívar (Valle). En Bolívar existe una producción incipiente con 250 toneladas anuales. Se puede contar ya con nuevos hallazgos de este mineral.

FELDESPATO Y CAOLIN

Colombia figura en la producción latinoamericana de feldespato, después del Brasil, en el segundo lugar (Cuadro 28). Los centros de explotación son Tolima y Antioquia. El mineral se usa principalmente en las industrias de vidrio, esmalte y cerámica, industrias bastante desarrolladas y ya orientadas (vidrio) a la exportación. Existen numerosos yacimientos y manifestaciones de feldespatos, muy esparcidos en el país, en regiones constituídas por rocas ígneas ácidas. Junto con los feldespatos se presentan también "aplitas" que tienen aplicaciones similares. El mineral se explota en general a tajo abierto con escogencia a mano, que a veces resulta deficiente; por lo cual se presentan reclamaciones o se pierde mucho mineral en las minas. Para garantizar productos uniformes para la industria y posiblemente para la exportación, habrá que pensar en plantas de beneficio para este mineral.

PRODUCCION DE FELDESPATO

(000) t.

CUADRO 28

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Brasil	39.0	39.0	39.0	40.0	39.0	39	
Colombia	15.0	15.5	12.5	11.6	14.8	19.1	20
México	9.1	14.8	—	—	—		
Argentina	11.6	7.3	12.8	9.2	7.1		
Chile	2.3	1.2	0.4	0.6	0.4		
Perú	1.0	0.3	0.2	0.9	0.9	0.5	
Uruguay	0.9	0.7	0.3	0.9	1.2	1.2	

El caolín proviene de la descomposición de feldespato y se presenta puro, pero en la mayoría de los casos mezclado con sílice, arcilla, etc. En estos últimos casos requiere tratamientos de beneficio. Consumidores: cerámica, refractarios, jabonería, caucho-lantas, pintura, cemento blanco, cosméticos, etc. La producción anual es de 80 a 90.000 toneladas. Se importan más de 3.000 toneladas anuales.

ASBESTO (CRISOTILO, AMIANTO)

En Colombia se conocen varios yacimientos y manifestaciones de asbesto, siendo los más nombrados los de Yarumal, Valdivia, Campamento, Anorí (Departamento de Antioquia) y de Neira, Manizales (Departamento de Caldas). En exploraciones hechas en 1953-1954 por el Instituto de Fomento Industrial, Eternit y Johns Manville Corporation de Estados Unidos, se localizaron en Antioquia depósitos de crisotilo en rocas básicas que no justificaron la explotación intentada en gran escala, pero dejaron la posibilidad de una explotación en menor escala. A raíz de recientes prospecciones realizadas por la Compañía Nicolet, existen esperanzas de que se inicie allá la producción técnica del valioso asbesto cuya demanda hoy se abastece casi totalmente por la importación. Se importaron en 1966 16.300 toneladas por valor CIF de 3.7 millones de dólares y en 1967 13.800 toneladas, por valor de 3.3 millones de dólares.

TALCO — ESTEATITA

Las producciones fueron de 650, 730, 400, 1.195 toneladas en los años 1963 a 1966 y provienen de Antioquia (Yarumal, Cedeño, San Andrés), y del Tolima (Pastales). Debido a insuficientes beneficios del mineral nacional, se importaron de 1961 a 1964 anualmente unas mil toneladas, por valor de 110 a 118.000 dólares. Talco y esteatita se conoce también de la Alta Guajira y Dibulla, Santa Marta, Riofrío (Magdalena), Medellín, Angelópolis (Antioquia), Tambo (Nariño), etc.

PIEDRAS DE ORNAMENTACION

(Areniscas, mármoles, travertinos, serpentinas, granitos).

Las piedras decorativas típicas nacionales fueron y son areniscas grises y moradas con pintas amarillas o coloradas y abigarradas de la Sabana de Bogotá (Soacha y Suesca), llamadas "Piedra Bogotana", que se ven en muchas fachadas de edificios antiguos y nuevos de Bogotá y de las provincias. Las primeras explotaciones y elaboraciones de mármol realizadas en Mutiscua (Norte de Santander) y Nare (Antioquia), para enlucimientos de edificios se abandonaron (en 1939) debido a dificultades técnicas y de trans-

porte. La industria marmolera existente en ese tiempo elaboraba (para cementerios, etc.) mármoles nacionales solo de pequeñas dimensiones y principalmente material importado. Las importaciones alcanzaron en 1956 un volumen de 4.250 toneladas de mármol y serpentinas y 1.000 toneladas de granito y otras rocas ígneas. En 1951 empezó un empuje en favor de piedras de ornamentación nacionales dirigido por el Instituto de Fomento Industrial con estudios de yacimientos y con la constitución de la Empresa Granitos y Mármoles S. A., que explotó travertinos de Villa de Leiva, Sáchica y Gachetá y otros yacimientos de mármoles. En seguida empezaron a formarse o desarrollarse otras empresas de esta rama para explotación y elaboración de mármoles y otras piedras, mejorando la técnica de manera que aumentaron la cantidad, la calidad y las dimensiones de piedras pulidas usadas hoy para enchape en muchos edificios nuevos. Puntos de explotación de mármol son: Tibasosa, Sáchica (Boyacá); San Gil (Santander); Payandé (Tolima); Miranda (Cauca); La Miel, La Victoria (Caldas); Sonsón (Antioquia); Vergara (Cundinamarca) y muchos otros. Además se explotan serpentinas en Valdivia (Antioquia). Existen también granitos y otras rocas ígneas apropiadas para láminas decorativas en varios puntos de Antioquia, Caldas, Santander, Sierra Nevada, la Guajira, etc.; sin embargo, sin explotación. La elaboración de mármoles se estima en 150 m³ en 1960, 1.700 m³ en 1965 y 9.300 m³ en 1967. Es, pues, muy notorio el desarrollo de la industria marmolera que puede aumentar y mejorar mucho más con nuevos y modernos equipos para la explotación de grandes bloques, el transporte, el corte y el pulimento. Para ciertas calidades de mármoles finos y de buenas pintas se presentan posibilidades de exportación. Debido al desarrollo de esta industria, se suspendieron prácticamente las importaciones de piedras de ornamentación.

BARITA

Colombia figura en América Latina con explotaciones de unas 8.000 a 10.000 toneladas anuales de barita en el 5º puesto (Cuadro 29). Se explota en los Departamentos Norte de Santander, Santander y Tolima. Manifestaciones se conocen también en los Departamentos del Magdalena, Huila, Cauca, Antioquia, Cundinamarca y Nariño. El mineral molido se emplea en Colombia para soluciones pesadas, en perforaciones de petróleo, para pinturas y otros usos. Hay mínimas importaciones.

PRODUCCION DE BARITA
(Toneladas)

CUADRO 29

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
México	270.760	248.700	318.140	257.600	326.000	368.266	291.425	
Perú	109.600	111.160	114.550	124.800	132.400	110.800	116.622	
Brasil	40.340	62.440	54.650	34.100	33.540	64.350	40.220	
Argentina	24.500	28.560	12.540	23.000	13.700	15.000	14.956	
Colombia	7.300	10.200	8.000	10.500	10.200	8.800	8.980	6.000
Chile	1.800	1.400	1.050	1.020	1.170	2.850	2.040	

ROCA FOSFORICA

La situación de abastecimiento de fosfatos, usados principalmente como fertilizantes, se señaló en 1960 (ver: Robert Wokittel, Recursos Minerales de Colombia, pág. 323) como muy precaria, pues las investigaciones geológicas de presuntos o posibles yacimientos realizados en distintas regiones de Colombia habían dado hasta esa fecha resultados desalentadores. Las únicas fuentes nacionales de abonos fosfáticos eran y son las escorias de desfosforación de Acerías Paz del Río S. A. que contienen 14-18% P_2O_5 y corresponden a solo 14-19% del ácido fosfórico contenido en el abonamiento total de los últimos años. Por consiguiente, el país dependía y depende de la importación de productos fosfóricos. En vista de esta alarmante situación, empezaron en 1961 nuevos esfuerzos y estudios en búsqueda de yacimientos fosfáticos realizados por el Instituto de Fomento Industrial (IFI), Servicio Geológico Nacional, compañías de petróleo, Inventario Minero y particulares. Cierta estimulo y orientación dieron al respecto nuevos hallazgos de fosfatos en regiones fronterizas en Venezuela. Los resultados de las iniciativas efectuadas fueron nuevas localizaciones de rocas fosfóricas en las Cordilleras Oriental y Central, desde Norte de Santander hasta el sur del Huila, en extensas áreas que se declararon en 1965 y 1967 como zonas reservadas de fosfatos. En los años 1960 a 1964 se presentaron al Ministerio de Minas 25 solicitudes de concesiones de fosfatos cuyo número aumentó posteriormente. En las áreas fosfóricas localizadas se trata en general de contenidos bajos hasta medianos de P_2O_5 con grandes variaciones de concentración horizontal y verticalmente.

Con estos descubrimientos se vislumbran esperanzas de abastecerse de abonos fosfatados nacionales, pero también se presentan problemas de convertir las rocas fosfóricas encontradas técnica y económicamente en abonos. En 1966 empezaron pequeñas explota-

ciones en el Huila para usos de experimentaciones en laboratorios y en 1967 explotaciones en Boyacá para el mismo fin. En términos generales puede decirse, que la roca fosfórica, así como se explota, aun molida, tiene muy poco valor como fertilizante, porque la asimilación de fósforo por las plantas en esta forma resulta extremadamente lenta e incompleta. Para servir de fertilizante, la roca debe transformarse a superfosfato precipitado, ácido fosfórico, etc. Para tal fin se necesita una concentración alta de P_2O_5 y tratamiento con ácidos.

El Cuadro 30 muestra para los años 1961 a 1967 las importaciones de fosfatos naturales, superfosfatos, fosfato precipitado (para 1966 también escoria de desfosforación) y ácido fosfórico. De interés es el aumento de las importaciones de fosfato natural de 2.400 toneladas en 1960 a 26.800 toneladas en 1964, que fueron transformadas en superfosfatos y ácido fosfórico. Se destaca también el aumento de importación de ácido fosfórico que entra en los procesos de fabricación de abonos complejos. Con los abonos simples fosfatados se importaron también grandes cantidades de mezclas de fertilizantes fosfatados, nitrogenados y potásicos.

**BALANCE DE ABONOS FOSFATADOS
(Toneladas)**

IMPORTACION DE ABONOS SIMPLES

CUADRO 30

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Fosfato natural	2.434	3.401	8.322	17.099	26.793	6.552	17.357	19.785
Superfosfato	8.613	4.421	14.207	29.428	27.905	27.063	24.620	16.574
Fosfato precipitado . .	22.317	31.857	9.777	7.482	2.517	551	3.488*	20
Total	33.364	39.679	32.306	54.009	57.215	34.166	45.465	36.350
Acido fosfórico	113	158	134	6.032	18.098	16.378	15.918	19.558

* 3.488 son escorias de fósforo.

ADEMAS SE IMPORTARON GRANDES CANTIDADES DE MEZCLAS DE ABONOS
FOSFATADOS, NITROGENADOS Y POTASICOS

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Contenido de P_2O_5 en abonos importados . .	31.338	40.643	36.710	39.191	45.542	27.560	47.411	36.114

PRODUCCION DE ESCORIAS FOSFORICAS

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Escorias	38.400	51.500	53.800	48.700	46.420	38.937	31.558	49.124
P_2O_5 en escorias	5.150	6.760	6.901	6.140	7.427	6.424	4.418	6.877

CONSUMO APARENTE

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Total P_2O_5 (de importación y escorias) ..	36.488	47.403	43.611	45.331	52.969	33.984	51.827	56.001
Proporción de P_2O_5 de escorias en el total - P_2O_5	14%	14%	16%	14%	14%	19%	8.5%	12%

En renglones separados aparecen en el Cuadro 30 los volúmenes de la materia nutriente (P_2O_5), contenida en los abonos importados; las producciones de escoria fosfórica (de Acerías Paz del Río); el contenido de P_2O_5 en estas escorias; el consumo aparente que es la suma de P_2O_5 importado y de las escorias, y el porcentaje del P_2O_5 de escorias en el consumo aparente que varía entre 8.5% y 19%.

Según recomendaciones técnicas, se necesitan para un regular abonamiento por lo menos 100.000 toneladas de P_2O_5 por año. Los consumos de 34.000 a 56.000 realizados según el Cuadro, son, pues, muy deficientes.

El fosfato natural importado tiene un mínimo de 32% hasta 40% P_2O_5 ; el precio FOB Estados Unidos fue en enero de 1967 US\$ 7.63 y en junio de 1967 de US\$ 7.40 por tonelada. En general existen en el mundo grandes ofertas de fosfatos con tendencias de bajar los precios y subir el porcentaje de P_2O_5 . En el mercado internacional se consideran actualmente 35% P_2O_5 como concentración mínima para fosfatos naturales comerciales.

MICA

Moscovita blanca y flogopita de color ámbar de buenas calidades se encuentran en pegmatitas en varios Departamentos; los más importantes son: Norte de Santander (Cucutilla, Durania, Bochalema, Labateca, Toledo, Ocaña); Huila (Garzón, Gigante); Antioquia (Cáceres, Yarumal); Caquetá (Algeciras). Se explotaron y exportaron algunas cantidades de mica durante la guerra. Al bajar los precios internacionales se suspendieron estas actividades mineras. Hoy se realizan explotaciones esporádicas de unas 10 toneladas anuales. En los años de 1962, 1963 y 1964 se importaron 193, 136 y 118 toneladas de mica, respectivamente.

OTROS MINERALES

Existen yacimientos de diatomita (en el Valle del Cauca, Sabana de Bogotá, Tunja), pero se explotan poco (200 a 400 toneladas anuales) debido a dificultades que se presentan en el beneficio de este mineral. Se importaron 870 y 1.184 toneladas en 1963 y 1964. También existen dificultades en el beneficio de bentonita, de los yacimientos de los Municipios de Mariquita, Fresno, Falan (Tolima). Se importaron 2.640 y 2.230 toneladas en 1963 y 1964. De importancia son arcillas y otros minerales refractarios, que se explotan y emplean en la Empresa de Refractarios Colombianos (Erecos) S. A. y otras compañías. Sin embargo hay que importar volúmenes relativamente grandes. Se importaron en 1965 y 1966: 4.314 y 8.202 toneladas de arcillas refractarias y 4.511 y 729 toneladas de ladrillos y piezas refractarios por un valor total de 1.4 y 0.8 millones de dólares, respectivamente. Existen perspectivas de aumentar la producción nacional de minerales refractarios y disminuir la importación.

Ensayos de fabricar material refractario de andalucitas (chiasolititas) de los Municipios de Amalfi y Anorí (Antioquia), —mineralógicamente interesantes por sus cristales— no dieron resultados satisfactorios.

El abastecimiento de cuarzo, arenas y arcillas apropiadas para la industria de vidrio, cerámica y otros usos, en general no presenta problemas.

MINERALES, PIEDRAS Y MATERIAS PARA CONSTRUCCION, CARRETERAS, ETC.

Se trata de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, arenas y gravas, arcillas para ladrillos, calizas y otros materiales, que se consumen en muy grandes cantidades y en el conjunto de altos valores que no están comprendidos en estadísticas oficiales por las dificultades que se presentan al respecto y comúnmente no se consideran como productos minerales. Esta es una razón, porque se atribuye en Colombia una cuota demasiado baja en el producto bruto total de la minería. Como ya se ha dicho en la principal estadística minera internacional el "Minerals Yearbook" de los Estados Unidos, todas estas sustancias se incluyen en la "producción mineral".

CODIGO DE NOMENCLATURA ESTRATIGRAFICA

**ELABORADO POR LA COMISION AMERICANA
DE NOMENCLATURA ESTRATIGRAFICA**

Versión en castellano auspiciada por
las siguientes tres instituciones mexicanas que forman parte de la Comisión:

**INSTITUTO DE GEOLOGIA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA

ASOCIACION MEXICANA DE GEOLOGOS PETROLEROS

VERTIDO AL CASTELLANO POR EL
INGENIERO **MANUEL ALVAREZ, JR.**

CON LA COLABORACION DEL
DOCTOR **CARL FRIES, JR.**

MEXICO, D. F.

1961

Instituciones que integran la
COMISION AMERICANA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRAFICA
con el actual personal en ejercicio

CANADA

GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

Dr. T. E. BOLTON, Geological Survey of Canada
Dr. JOHN G. FYLES, Geological Survey of Canada
Dr. PETER HARKER, Geological Survey of Canada.

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS

Dr. LAWRENCE L. SLOSS, Northwestern University
Dr. FRANK E. LOZO, Jr., Shell Development Company
Dr. GROVER E. MURRAY, Louisiana State University.

ASSOCIATION OF AMERICAN STATE GEOLOGISTS

Dr. RAYMOND C. MOORE, University of Kansas
Dr. JOHN C. FRYE, Illinois State Geological Survey
Dr. JOHN PATTON, Indiana Geological Survey.

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA

Dr. JOHN RODGERS, Yale University
Dr. HAROLD L. JAMES, U. S. Geological Survey
Prof. RONALD K. DEFORD, University of Texas.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY

Dr. GEORGE V. COHEE, U. S. Geological Survey
Dr. KENNETH E. LOHMAN, U. S. Geological Survey
Dr. CARLE H. DANE, U. S. Geological Survey.

MEXICO

ASOCIACION MEXICANA DE GEOLOGOS PETROLEROS

Ing. ERNESTO LÓPEZ RAMOS, Petróleos Mexicanos.

INSTITUTO DE GEOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Dr. CARL FRIES, Jr., Instituto de Geología de la U. N. A. M.

SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA

Ing. MANUEL ALVAREZ, Jr., Instituto Nacional de la Investigación Científica.

PROLOGO

Considerando que este Código es el documento más importante en su género, las organizaciones mexicanas que participaron en su elaboración han decidido publicar conjuntamente la versión castellana del mismo *.

La filosofía que guió a la Comisión, expresada en los seis informes de la misma, tiene como uno de sus mayores aciertos el que en la definición y establecimiento de las unidades, tanto litoestratigráficas como bioestratigráficas, éstas se consideren completamente independientes entre sí. Asimismo, son independientes de las unidades cronoestratigráficas y geocronológicas. Por lo tanto, no existen categorías equivalentes ni entre las dos primeras ni entre ninguna de éstas y las dos segundas, como es el caso entre estas últimas, en las que sí las hay.

Esta novedad en la clasificación estratigráfica permitirá evitar muchos problemas que se presentan en la estratigrafía y resolver satisfactoriamente muchos otros.

Otra ventaja fundamental inherente a la formulación del Código mismo, será el uso uniforme de una clasificación y nomenclatura estratigráficas en todo el continente de Norteamérica, así como la esperanza de que sea aceptado en Centro y Sudamérica y aun posiblemente en todo el mundo, ya que este es el único Código estratigráfico existente hasta la fecha, si se exceptúa el conjunto de reglas para la "Clasificación y Nomenclatura de Unidades Litológicas" de 1933, el cual quedará sin efecto al publicarse este Código.

En la versión que se ofrece se ha procurado presentar con claridad y precisión los conceptos expresados en el documento original, procurando apearse a la fraseología del mismo.

INSTITUTO DE GEOLOGIA DE LA U.N.A.M.

SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA **

ASOCIACION MEXICANA DE GEOLOGOS
PETROLEROS

* La versión en inglés fue publicada en el número correspondiente a mayo de 1961 del Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, en las páginas 645-665.

** La Sociedad Geológica Mexicana agradece a Petróleos Mexicanos, Instituto Nacional de la Investigación Científica y Consejo de Recursos Naturales No Renovables la ayuda que hizo posible la asistencia y participación personal de su comisionado en las reuniones de la Comisión en las que se elaboró este Código.

CONTENIDO:

	Páginas
PRÓLOGO	165
PREÁMBULO	173
Artículo 1. Propósito	173
CATEGORIAS DE UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	174
Artículo 2. Campo de aplicación	174
Observación: a) Homotaxis	174
NOMBRES Y UNIDADES FORMALES E INFORMALES	175
Artículo 3. Clasificación y nomenclatura formales	175
UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	175
Naturaleza de unidades litoestratigráficas	175
Artículo 4. Definición de una unidad litoestratigráfica	175
Observaciones:	
a) Reconocimiento y definición	175
b) Sección-tipo y extensión	176
c) Independencia de la historia geológica inferida	176
d) Independencia de los conceptos de tiempo	176
e) Forma superficial	176
f) Acuíferos, arenas aceitíferas, capas de carbón y lechos de cantera	176
g) Zona	176
h) Ciclotemas	177
i) Suelo	177
Artículo 5. Límites de las unidades litoestratigráficas	177
Observaciones:	
a) Límite en una secuencia transicional	177
b) Capas-clave empleadas como límites	177
c) Límites mecánicamente definidos	177
d) Discordancia oscura	178
e) Límites en cambios de facie	178
Rangos de unidades litoestratigráficas	178
Artículo 6. Definición de una formación	178
Observaciones:	
a) Contenido	178
b) Características litológicas distintivas	178
c) Unidad fundamental	178
d) Cartografiabilidad	179
e) Espesor	179

	Páginas
f) Rocas sedimentarias e ígneas extrusivas	179
g) Roca volcánica	179
h) Roca ígnea intrusiva	179
i) Roca metamórfica	179
j) Complejo	179
Artículo 7. Definición de un miembro, lentícula o lengüeta	179
Observaciones:	
a) Designación de miembros	179
b) Cartografía de miembros	180
c) Subdivisión de miembros	180
Artículo 8. Definición de una capa	180
Observaciones:	
a) Categoría informal de la mayoría de las capas	180
b) Capas-clave o -índice	180
Artículo 9. Definición de un grupo	180
Observaciones:	
a) Uso y composición	180
b) Cambio en las formaciones constituyentes	181
c) Cambio en el rango	181
d) Subgrupo	181
e) Supergrupo	181
f) Mal uso del término "serie" por grupo o supergrupo	181
Nomenclatura de unidades litoestratigráficas	181
Artículo 10. Denominación formal de una unidad litoestratigráfica. 181	181
Observaciones:	
a) Fuente del nombre geográfico	182
b) Omisión de parte del nombre	182
c) Uso de un término litológico sencillo	182
d) Nombre de grupo	182
e) Nombre de formación	182
f) Nombre de miembro	182
g) Mayúsculas	182
h) Uso informal de nombres geográficos idénticos	183
i) Roca ígnea intrusiva	183
j) Roca metamórfica	183
k) Mal uso de nombre bien conocido	183
Artículo 11. Regla de prioridad	183
Observaciones:	
a) Prioridad	183
b) Conservación de nombre bien establecido	183
c) Duplicación de nombres	183
Artículo 12. Componente geográfico de nombres litoestratigráficos. 184	184
Observaciones:	
a) Diferencia en la ortografía del nombre geográfico	184
b) Cambio del nombre de un rasgo geográfico	184
c) Desaparición de un rasgo geográfico	184

	Páginas
d) Nombres en diferentes países y diferentes lenguas	184
Procedimiento para establecer unidades litoestratigráficas formales.	184
Artículo 13. Requisitos para establecer una unidad litoestratigráfica formal	184
Observaciones:	
a) Requisitos específicos	185
b) Requisitos adicionales para unidades del subsuelo	185
c) Forma de publicación	185
d) Es insuficiente la mención casual de un nombre	186
e) Publicación en resúmenes o libretos-guía	186
f) Consulta sobre nombres ya establecidos	186
g) Relación entre nombres en afloramientos y nombres en el subsuelo	186
h) La sección-tipo nunca se cambia	186
i) Localidades de referencia	186
Revisión de la clasificación y nomenclatura litoestratigráficas ...	186
Artículo 14. Redefinición de una unidad litoestratigráfica	186
Observaciones:	
a) Redefinición (condiciones)	187
b) Restricción indeseable	187
Artículo 15. Cambio en el término litológico	187
Observación: a) Cambio en la designación litológica	187
Artículo 16. Cambio en rango de unidades litoestratigráficas ...	187
Observaciones:	
a) Cambio en rango	187
b) Ejemplos de cambios de una área a otra	187
c) Ejemplo de cambio en una misma área	187
d) Diferente nombre geográfico para una unidad y sus partes.	187
Artículo 17. Uso de nombres abandonados	188
Observaciones:	
a) Nombres anticuados	188
b) Referencia a nombres abandonados	188
UNIDADES EDAFOESTRATIGRAFICAS	188
Artículo 18. Definición de una unidad edafoestratigráfica	188
Observaciones:	
a) Difieren de las unidades litoestratigráficas	188
b) Difieren de las unidades edafológicas	188
c) Requisitos para la categoría formal	188
d) Rango	188
e) Nombres	188
UNIDADES BIOESTRATIGRAFICAS	189
Naturaleza de unidades bioestratigráficas	189
Artículo 19. Definición de una unidad bioestratigráfica	189

	Páginas
Observaciones:	
a) Restos fósiles	189
b) Contemporaneidad de la roca con los fósiles contenidos . . .	189
c) Fósiles retrabajados	189
d) Fósiles "colados"	189
e) Relación entre las unidades bioestratigráficas y las litoestratigráficas	190
f) Relación entre las unidades bioestratigráficas y las cronoeestratigráficas	190
g) Significado ecológico y evolucionario	190
Artículo 20. Definición de una zona	190
Observaciones:	
a) Clase de zona	190
b) Definición	190
c) Amplitud del término "zona"	191
d) Dimensiones de una zona	191
e) Subzona	191
f) Zónula	191
g) Zona de apogeo	191
Artículo 21. Definición de una zona de conjunto	191
Observaciones:	
a) Naturaleza	191
b) Denominación	191
c) Ejemplo	192
d) Historia	192
e) Fósiles-guía	192
Artículo 22. Definición de una hemerozona	192
Observaciones:	
a) Naturaleza	192
b) Extensión	192
c) Ejemplo	192
d) Aplicación	192
e) Valor temporal	192
f) Amplitud	192
g) Hemerozona local	193
h) Sinónimos	193
Artículo 23. Definición de una hemerozona concurrente	193
Observaciones:	
a) Naturaleza	193
b) Historia	193
c) Ejemplo	194
Nomenclatura de unidades bioestratigráficas	194
Artículo 24. Denominación de una zona, subzona o zónula	194
Observaciones:	
a) Ambigüedad del término "zona" no modificado	194
b) Mayúsculas	194
c) Nombre genérico	194

	Páginas
d) Nombres formal e informal	194
e) Duplicación de nombres	194
Artículo 25. Cambio en nombres de las unidades bioestratigráficas.	195
Observación: a) Razón del cambio	195
UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS	195
Naturaleza de unidades cronoestratigráficas	195
Artículo 26. Definición de una unidad cronoestratigráfica	195
Observaciones:	
a) Definición	195
b) Propósitos principales	195
Artículo 27. Límites de una unidad cronoestratigráfica	195
Observaciones:	
a) Definición	195
b) Límites históricos	196
Artículo 28. Extensión geográfica de una unidad cronoestratigráfica	196
Observaciones:	
a) Criterios físicos	196
b) Criterios paleontológicos	196
c) Límites ideales	196
d) Radiometría e isótopos	196
e) Métodos indirectos radiométricos e isotópicos	197
f) Divisiones precámbricas	197
Rangos de unidades cronoestratigráficas	197
Artículo 29. Sistema	197
Observaciones:	
a) Definición y extensión	197
b) Sistemas precámbricos	198
c) Subsistema	198
Artículo 30. Serie	198
Observaciones:	
a) Definición	198
b) Extensión	198
c) Roca intrusiva	198
d) Mal uso del término "serie"	198
Artículo 31. Piso	198
Observaciones:	
a) Uso de piso	198
b) Mal uso del término "piso"	198
Nomenclatura de unidades cronoestratigráficas	199
Artículo 32. Denominación formal de una unidad cronoestratigráfica	199
Observaciones:	
a) Nombres de sistemas	199
b) Nombres de series	199

	Páginas
c) Nombres de pisos	199
d) Nombres nuevos	199
Artículo 33. Duda en la asignación de las unidades cronoestrati- gráficas	199
Observación: a) Expresión de la duda	199
Procedimiento para establecer unidades cronoestratigráficas	200
Artículo 34. Requisitos para establecer una unidad cronoestrati- gráfica	200
Observación: a) Nombres nulos	200
Revisión de la clasificación y nomenclatura cronoestratigráfica	200
Artículo 35. Redefinición de una unidad cronoestratigráfica	200
Observación: a) Secciones suplementarias	200
UNIDADES GEOCRONOLOGICAS	200
Naturaleza de unidades geocronológicas	200
Artículo 36. Definición de una unidad geocronológica	200
Observaciones:	
a) Límites	201
b) Validez de las unidades geocronológicas	201
Rangos de unidades geocronológicas	201
Artículo 37. Rangos de las unidades geocronológicas	201
Observaciones:	
a) Período, época y edad	201
b) Era y eón	201
Nomenclatura de unidades geocronológicas	201
Artículo 38. Nombres de las unidades geocronológicas	201
Observaciones:	
a) Mayúsculas	202
b) Nombres de épocas	202
c) Intervalos de tiempo	202
UNIDADES GEOCLIMATICAS (PARA SER EMPLEADAS EN EL CUATERNARIO)	202
Artículo 39. Definición de una unidad geoclimática	202
Observaciones:	
a) Difiere de las unidades geocronológicas	202
b) Propósitos principales	202
c) Extensión	202
Artículo 40. Clases de unidades geoclimáticas	203
Observaciones:	
a) Definiciones	203
b) Nomenclatura	203
PROCEDIMIENTO PARA REFORMAS	203
Artículo 41. Adiciones o reformas a este Código	203
INDICE ALFABETICO	205 a 210

CODIGO DE NOMENCLATURA ESTRATIGRAFICA

PREAMBULO

ARTÍCULO 1. La Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica¹, reconociendo que sería conveniente emplear una terminología y clasificación uniforme en todo el continente americano, propone el siguiente Código. Sus propósitos primordiales son: (i) formular una útil, amplia y explícita exposición de principios y prácticas para la clasificación y denominación de unidades estratigráficas y (ii) asegurar la mayor uniformidad posible en la aplicación de estos principios y prácticas. Este Código es aplicable a toda clase de rocas, ya sean sedimentarias, ígneas o metamórficas. La Comisión ha sido guiada por la filosofía expresada en sus informes² sobre la naturaleza, uso y nomenclatura de unidades litoestratigráficas, bioestratigráficas y cronoestratigráficas. Los artículos de este Código son recomendaciones que, claro está, no pueden considerarse generalmente como mandatos, pero los organismos geológicos deben adoptar estos artículos como reglas para establecer la nomenclatura.

¹ American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1947. Note 1. Organization and objectives of the Stratigraphic Commission: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 31, Nº 3 (marzo), p. 513-518, presenta un resumen de los acontecimientos que culminaron con su constitución. En 1932 un comité de representantes de cuatro organizaciones, o sean la American Association of Petroleum Geologists, la Geological Society of America, la Association of American State Geologists y el United States Geological Survey, formuló reglas para la "Clasificación y Nomenclatura de Unidades Litológicas". Cuando el comité hubo terminado su código, el cual fue publicado en 1933 (véase la nota al artículo 3), se desbandó. Las cuatro organizaciones separadamente continuaron ocupándose de problemas de nomenclatura estratigráfica en Estados Unidos, y cuando menos uno de estos problemas fue remitido al Committee on Stratigraphy del National Research Council. La Nota 1 de la Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica describe su fundación, propuesta en 1941 y realizada en 1946, con representantes de cinco organizaciones: el Geological Survey of Canada, la American Association of Petroleum Geologists, la Geological Society of America, la Association of American State Geologists y el United States Geological Survey. La Comisión vino a ser más continental en 1955, cuando se asociaron a ella representantes de tres organizaciones mexicanas: la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, la So-

CATEGORIAS DE UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 2. Las categorías de unidades estratigráficas son múltiples. De acuerdo con diferentes conceptos y criterios, las categorías comprenden varias unidades estratigráficas mutuamente traslapantes pero de distintos tipos definidos. Este Código suministra reglamentos y recomendaciones que se refieren a (i) unidades litoestratigráficas, (ii) unidades edafoestratigráficas, (iii) unidades bioestratigráficas y (iv) unidades cronoestratigráficas. El Código también trata de dos categorías de unidades que no son en sí mismas unidades estratigráficas, pero que están íntimamente relacionadas con ellas. Estas son (v) unidades geocronológicas, que están fundamentalmente relacionadas en su concepción a las unidades cronoestratigráficas, y (vi) unidades geoclimáticas, las cuales están basadas sobre unidades estratigráficas del Cuaternario.

Observación. (a) Homotaxis. Las unidades litoestratigráficas o bioestratigráficas que tienen un arreglo ordinal semejante en localidades diferentes, pero que no sean necesariamente contemporáneas, se dice que son homotaxiales².

ciudad Geológica Mexicana y el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

² American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1949, Report 1. Declaration on naming of subsurface stratigraphic units: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 33, N^o 7 (julio), p. 1280-1282.

— 1952, Report 2. Nature, usage and nomenclature of time-stratigraphic and geologic-time units: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 36, N^o 8 (agosto), p. 1627-1638.

— 1955, Report 3. Nature, usage and nomenclature of time-stratigraphic and geologic-time units as applied to the Precambrian: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 39, N^o 9 (septiembre), p. 1859-1861.

— 1956, Report 4. Nature, usage and nomenclature of rock-stratigraphic units: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 40, N^o 8 (agosto), p. 2003-2014.

— 1957, Report 5. Nature, usage and nomenclature of biostratigraphic units: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 41, N^o 8 (agosto), p. 1877-1889.

— 1959, Report 6. Application of stratigraphic classification and nomenclature to the Quaternary: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 43, N^o 3 (marzo), p. 663-673.

³ HUXLEY, T. H., 1862 y 1870, The anniversary address of the President: Quart. Jour. Geol. Soc. London, v. 18, p. xlii, y v. 26, p. xlii-xliv.

NOMBRES Y UNIDADES FORMALES E INFORMALES

ARTÍCULO 3. El Código es una colección sistemática de reglas para la clasificación y nomenclatura estratigráficas formales. Una unidad estratigráfica de una de las categorías mencionadas en el artículo 2, y su nombre, son clasificados como formales si se proponen en una publicación de acuerdo con el artículo 13 y reúnen otros requisitos especificados en el Código. (Véanse también artículos 10, 11 y 12). Entonces se le asegura la prioridad al nombre válidamente establecido para que no pueda ser utilizado como nombre de ninguna otra unidad formal en la misma categoría. Una unidad estratigráfica y su nombre son clasificados como informales si no se proponen formalmente. (Véanse artículos 4fghi, 5c, 7a, 8ab, 10gh, 13cde, 20a, 23b, 24, 37ab, 38ac y 40b). El vocabulario geológico de Norteamérica contiene un gran número de nombres formales de unidades estratigráficas, que han sido propuestos más o menos de acuerdo con estas reglas y las del código anterior⁴. Muchos nombres formales anteceden a las reglas. Los nombres y la historia de la nomenclatura de las unidades formales son registrados en compendios mantenidos por el Comité de Nombres Geológicos del United States Geological Survey, Washington, D. C., por el Comité de Nomenclatura Estratigráfica del Geological Survey of Canada, Ottawa, Ontario, por el Instituto de Geología, Ciudad Universitaria, México D. F., y por algunos servicios geológicos estatales. Puede obtenerse información sobre la disponibilidad de los nombres solicitándola a estas organizaciones.

UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

NATURALEZA DE UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 4. Una unidad litoestratigráfica es una subdivisión de las rocas de la corteza terrestre que se distingue y se delimita tomando como base sus características litológicas.

Observaciones (a) Reconocimiento y definición. Las unidades litoestratigráficas son reconocidas y definidas por rasgos físicos observables, más bien que por la historia geológica inferida; los límites pueden ser colocados en

⁴ Committee on Stratigraphic Nomenclature, 1933, Classification and nomenclature of rock units: Geol. Soc. America Bull., v. 44, pt. 2 (30 de abril), p. 423-459; Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 17, N° 7 (julio), p. 843-863; Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 23, N° 7 (julio de 1939), p. 1068-1088.

contactos bien definidos o trazados arbitrariamente dentro de una zona de transición. Las unidades litoestratigráficas son esencialmente unidades prácticas de trabajo geológico general que sirven de fundamento para describir y estudiar la litología, la estructura regional y local, la estratigrafía, los recursos económicos y la historia geológica.

(b) **Sección-tipo y extensión.** La definición de una unidad litoestratigráfica debe basarse en el conocimiento más amplio posible de sus variaciones lateral y vertical, pero con el fin de que haya estabilidad en la nomenclatura debe designarse una sección-tipo. La extensión de una unidad definida a cuerpos separados de roca solo es permisible cuando sean homotaxiales (artículo 2a).

(c) **Independencia de la historia geológica inferida.** Los conceptos basados en la historia geológica inferida o en la secuencia biológica, no juegan propiamente un papel en la definición o diferenciación de una unidad litoestratigráfica. No obstante, los fósiles pueden ser valiosos como criterios físicos al definir una unidad litoestratigráfica, de la misma manera que los otros constituyentes físicos; por ejemplo, una arenisca con abundantes ostras, una coquina o un arrecife de algas.

(d) **Independencia de los conceptos de tiempo.** Una unidad litoestratigráfica puede poseer límites aproximadamente isócronos, o sus límites pueden transgredir los horizontes de tiempo. Los conceptos de intervalos de tiempo, en cualquier forma que sean medidos, no tienen propiamente parte en la diferenciación o determinación de los límites de cualquier unidad litoestratigráfica. Intervalos de tiempo, ya sean relativamente cortos o largos, pueden estar representados por una sola unidad litoestratigráfica, ya sea sedimentaria, ígnea o metamórfica, pero este factor es ajeno al reconocimiento de la unidad. La acumulación de material asignado a una unidad determinada pudo haber empezado o terminado en algunas localidades antes que en otras; también la remoción de rocas por la erosión, ya sea durante el tiempo de depósito de la unidad, o después, puede reducir el tiempo representado por la unidad. El espesor completo de un cuerpo en algunos lugares puede ser más joven que el del mismo cuerpo en otros lugares. La definición de las unidades litológicas es así completamente independiente de los conceptos de tiempo.

(e) **Forma superficial.** En los depósitos superficiales, el carácter morfológico construccional, o la forma superficial primaria, de una unidad litoestratigráfica puede ser un factor en su definición, pero debe ser subsidiaria respecto al carácter de la roca misma. En cualquier unidad litoestratigráfica la morfología erosional o forma superficial secundaria puede ser un factor en el reconocimiento de la unidad pero propiamente no debe intervenir en su definición.

(f) **Acuíferos, arenas aceitíferas, capas de carbón y lechos de cantera** son ejemplos de unidades informales aunque tengan nombre. (Véanse artículos 8a y 10gh). Unidades innominadas tales como "formación A" o "unidad cartográfica 1", son informales.

(g) **Zona.** Cuando se aplica a la designación de unidades litoestratigráficas, el término "zona" es informal. Ejemplos de ello son: "zona productiva", "zona mineralizada", "zona metamórfica" y "zona de minerales pesados" (véase artículo 20a). Una zona es destacada como diferente de las partes que la rodean y puede incluir toda una capa o partes de ella, un miembro, una formación o aun un grupo.

(h) **Ciclotemas.** Las secuencias sedimentarias cíclicas llamadas ciclote-
mas han sido ampliamente reconocidas en el Mid-Continent y en otras regio-
nes. Se les han dado nombres geográficos a muchos ciclotemas. Debido a que
los criterios para el reconocimiento de ciclotemas son ajenos a los empleados
para el reconocimiento de una formación, los ciclotemas no pueden ser consi-
derados como una parte de la clasificación litoestratigráfica. La designación
de "ciclotema" debe añadirse siempre, si se emplea un término geográfico de
este modo. No obstante, los límites de un ciclotema individual pueden de hecho
coincidir con los de una formación determinada.

(i) **Suelo** es una capa compuesta de productos del intemperismo de rocas
preexistentes, que pueden ser de carácter y edad geológica diferentes. Un
suelo difiere en varios aspectos de una unidad litoestratigráfica y no debe
concedérsele categoría formal en la clasificación litoestratigráfica normal.
(Véase artículo 18).

ARTÍCULO 5. Los límites de las unidades litoestratigráficas se
ponen en lugares de cambio litológico. Los límites se ponen en con-
tactos definidos o pueden fijarse arbitrariamente dentro de zonas
de transición. Ambos límites vertical y lateral se basan en criterios
litológicos que proporcionen la mayor unidad y utilidad práctica.

Observaciones. (a) Límite en una secuencia transicional. Donde una uni-
dad litológica pasa vertical o lateralmente a otra por transición o interdigita-
ción de dos o más clases de roca, el límite es necesariamente arbitrario y debe
ser seleccionado para proporcionar las unidades más prácticas. Por ejemplo,
donde una unidad de lutita yace sobre una unidad de caliza y lutita interestra-
tificadas, el límite comúnmente se coloca en la cima de la capa de caliza más
alta y fácilmente delineable; donde una arenisca pasa hacia arriba a una lutita,
el límite puede ser tan transicional que requiera un tratamiento completa-
mente arbitrario. Debido al deslizamiento paulatino (creep), generalmente es
mejor defini- tales límites arbitrarios por la presencia más alta de un tipo
litológico determinado, que definirlo por el más bajo.

(b) **Capas-clave usadas como límites.** Las ca as-clave pueden ser em-
pleadas como límites para unidades litoestratigráficas formales en una área
donde las características litológicas internas de las unidades permanecen rela-
tivamente constantes. Aun cuando capas-clave puedan seguirse más allá del
área de litología general diagnóstica, una extensión de índices potenciales de
límites no justifica por sí sola la extensión geográfica de una unidad litoestra-
tigráfica. Donde la roca entre capas-clave se vuelve notablemente diferente de
la de la localidad-tipo, debe reconocerse una nueva unidad, aun cuando las
capas-clave sean continuas. (Véase artículo 8b).

(c) **Límites mecánicamente definidos.** El continuo desarrollo y aplicación
de técnicas geofísicas, geoquímicas y mineralógicas han dado lugar a proble-
mas concernientes a ambos límites vertical y lateral de unidades definidas
identificadas por estas técnicas. Horizontes-índice basados sobre registros
eléctricos o mecánicos pueden coincidir con los límites de unidades litoestrati-
gráficas y ayudar a delinearlos (véanse artículos 6b y 13b). Tales horizontes
pueden ser discordantes vertical o lateralmente con los de las unidades lito-

estratigráficas formales. Las unidades establecidas por estas técnicas se consideran informales.

(d) **Discordancia oscura.** Una secuencia de rocas muy semejantes entre sí puede no representar un depósito continuo e incluir una discordancia oscura, de modo que una separación en dos unidades pueda ser conveniente. Sin embargo, si no puede hacerse una distinción litológica adecuada para definir un límite, debe reconocerse una sola unidad, aun cuando pueda incluir rocas depositadas en diferentes épocas, períodos o eras.

(e) **Límites en cambios de facie.** Cuando una unidad cambia lateralmente por transición brusca a una clase de roca marcadamente diferente, o se interdigita con ésta, puede convenir proponer una unidad nueva. Un límite arbitrario puede colocarse entre las dos unidades. Donde el área de transición o interdigitación es suficientemente extensa, las rocas de litología mixta pueden constituir una tercera unidad independiente.

RANGOS DE UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS

ARTÍCULO 6. La formación es la unidad fundamental en la clasificación litoestratigráfica. Una formación es un cuerpo de roca caracterizado por homogeneidad litológica; es casi siempre, pero no necesariamente, tabular y es cartografiable en la superficie de la tierra o puede seguirse en el subsuelo.

Observaciones. (a) **Contenido.** Una formación debe poseer cierto grado de homogeneidad litológica interna o rasgos litológicos distintivos. Puede contener entre sus límites superior e inferior (i) una roca de un solo tipo litológico, (ii) repeticiones de dos o más tipos litológicos, o (iii) una constitución de extrema heterogeneidad que en sí misma pueda constituir una forma de unidad comparada con las unidades litológicas adyacentes.

(b) **Las características litológicas distintivas** pueden incluir la composición química y rasgos suplementarios tales como rizaduras, grietas de lodo, estratificación cruzada, presencia de fósiles o de minerales poco comunes, estructura esquistosa o gnéisica en rocas metamórficas y textura en rocas ígneas. Una unidad solo distinguible por sus fósiles no es una unidad litoestratigráfica, sino que es propiamente clasificada como una unidad bioestratigráfica (véase artículo 4c). La litología puede ser claramente reflejada por sus propiedades eléctricas, radioactivas, sísmicas u otras (véanse artículos 5c y 13b).

(c) **Unidad fundamental.** Las formaciones son las unidades litoestratigráficas básicas empleadas al describir e interpretar la geología de una región. Los límites de una formación son normalmente los del cambio litológico que le proporciona la máxima unidad práctica de constitución. Una formación puede representar un intervalo largo o corto, puede estar compuesto de materiales de una o varias fuentes y puede incluir interrupciones en la secuencia cronoestratigráfica.

(d) **Cartografiabilidad.** La viabilidad de poderse cartografiar en la superficie o en el subsuelo es esencial al establecer una formación. La cartografiabilidad en la superficie se considera como la delineación a escalas del orden de 1:25.000. En general la definición de una formación nueva debe basarse en la cartografiabilidad comprobada, más bien que solo sobre una sección-tipo, no importa qué tan bien expuesta esté esta sección.

(e) El **espesor** de una formación no es un rasgo determinante para su clasificación. Una formación tiene tres dimensiones, y su espesor puede variar desde el acunamiento en su margen, hasta 1.500 metros o más en otra parte. También, una formación de 3 metros de espesor puede encontrarse adyacente a una de 300 metros. Excepcionalmente una formación puede ser cartografiada como una sola línea, pero obviamente una secuencia de formaciones tan delgadas deja de ser práctica por no ser cartografiable.

(f) **Rocas sedimentarias e ígneas extrusivas** que se encuentran intrincadamente interestratificadas pueden reunirse en una formación bajo un solo nombre.

(g) **Rocas volcánicas.** Secuencias de rocas volcánicas cartográficamente distinguibles deben ser consideradas como formaciones, como cualquier secuencia estratificada de rocas sedimentarias. (Véanse artículos 9f y 30d).

(h) **Roca ígnea intrusiva.** Unidades compuestas de roca ígnea intrusiva que pueden distinguirse por características mineralógicas o de textura, o por composición química, pueden clasificarse como formaciones. (Véase artículo 10i).

(i) **Roca metamórfica.** Las formaciones compuestas de roca metamórfica, como las otras formaciones, se distinguen primordialmente por su composición litológica. La facie mineralógica puede diferir de un lugar a otro, pero estas variaciones no requieren necesariamente la definición de una formación nueva. Las rocas metamórficas con vestigios de texturas y estructuras que permiten al geólogo reconocer unidades cartografiables, deben clasificarse igual que cualquier secuencia estratigráfica normal. Las rocas metamórficas y metasomáticas que no son clasificables por los métodos estratigráficos normales, tienen que distinguirse primordialmente por sus rasgos petrográficos y estructurales. (Véase artículo 10j).

(j) **Complejo.** Si una masa de roca está compuesta de diversos tipos de cualquier clase o clases, o se caracteriza por una estructura altamente complicada, la palabra "complejo" puede usarse como parte del nombre formal, en vez de un término litológico o de rango; por ejemplo, Complejo Crooks.

ARTÍCULO 7. Un miembro es una parte de una formación; no se define por una forma o extensión especificada. Un miembro geográficamente restringido que termina en todos lados dentro de una formación puede denominarse lenticula; un miembro que se extiende hacia afuera del cuerpo principal de una formación puede llamarse lengüeta.

Observaciones. (a) **Designación de miembros.** Las formaciones pueden dividirse en miembros formalmente definidos y denominados. En algunas for-

maciones, se establecen uno o más miembros formales, mientras que el resto de la formación no se divide o se considera formada de uno o más miembros innominados. Si las formaciones se dividen en miembros designados solamente por su litología (por ejemplo, miembro de lutita silícica) o por una letra o número, su uso es informal. Aunque normalmente los miembros se encuentran en secuencia vertical, las partes laterales equivalentes de una formación que difieren reconocidamente pueden también considerarse como miembros; por ejemplo, el miembro de grava y el miembro de limo de la Formación Bonneville.

(b) Cartografía de miembros. Se establece un miembro cuando es ventajoso reconocer una parte especialmente desarrollada de una formación variada. Un miembro, esté denominado o no, no necesita ser cartografiable a la escala requerida para las formaciones. Aun cuando todos los miembros de una formación son localmente cartografiables, no se sigue de ello que deban elevarse al rango formacional, porque la multiplicidad de nombres de formaciones puede más bien oscurecer que aclarar las relaciones con otras áreas. Un miembro denominado puede extenderse de una formación al interior de otra.

(c) Subdivisión de miembros. Los miembros pueden contener capas, pero nunca miembros, de otros miembros.

ARTÍCULO 8. Una capa es la unidad litoestratigráfica más pequeña reconocida en la clasificación.

Observaciones. (a) Categoría informal de la mayoría de las capas. La designación de capas individuales como unidades litoestratigráficas formalmente denominadas, por lo general debe limitarse a ciertas capas distintivas, cuyo reconocimiento es particularmente útil. Capas de carbón, arenas aceitíferas y otras capas de importancia económica comúnmente son denominadas, pero tales unidades y sus nombres usualmente no forman parte de la nomenclatura estratigráfica formal. (Véanse artículos 4f y 10gh).

(b) Capas-clave o índice. Las capas-clave ampliamente distribuidas pueden ser denominadas, pero asimismo, éstas se consideran comúnmente como unidades informales. Las capas-clave individuales pueden seguirse más allá de los límites laterales de una determinada unidad formal. (Véase artículo 5b).

ARTÍCULO 9. Un grupo es la unidad litoestratigráfica inmediatamente superior en rango a una formación; un grupo consiste de dos o más formaciones asociadas.

Observaciones. (a) Uso y composición. Los grupos se reconocen con el fin de expresar las relaciones naturales de las formaciones asociadas que tienen rasgos litológicos significativos en común. Un grupo consiste totalmente de divisiones definidas como formaciones; a este respecto, contrasta con una formación y sus miembros, ya que una formación no tiene necesariamente que dividirse en miembros y, aun cuando una formación contenga miembros, no es necesario que cada parte se asigne a algún miembro. En algunos trabajos de reconocimiento, el término "grupo" se ha aplicado a unidades estratigráficas que parecen ser divisibles en formaciones, pero que aún no han sido divididas así.

(b) **Cambio en las formaciones constituyentes.** Las formaciones que constituyen un grupo no son necesariamente las mismas en todas partes. Por ejemplo, en la parte superior del Glen Canyon, Utah, el Grupo Glen Canyon comprende tres formaciones: la Arenisca Wingate, la Formación Kayenta y la Arenisca Navajo. En Serpents Trail, Colorado, está compuesto por la Wingate y la Kayenta.

(c) **Cambio en el rango.** El acuñamiento de una formación o formaciones constituyentes pueden justificar que el grupo se reduzca al rango de formación, conservando el mismo nombre. Cuando un grupo se extiende lateralmente más allá de donde se divide en formaciones se convierte de hecho en una formación, aun cuando sea todavía denominado un grupo. Cuando una formación previamente establecida se subdivide en dos o más unidades constituyentes a las que se da formalmente el rango de formación, la antigua formación, con su antiguo nombre geográfico, debe elevarse al rango de grupo. Elevar el rango de una unidad es preferible a restringir el nombre antiguo a una parte dentro de sus antiguos límites, porque un cambio en el rango deja sin cambiar el sentido de la parte geográfica del nombre. (Véase artículo 14b).

(d) **Subgrupo.** La jerarquía de las unidades litoestratigráficas (grupo, formación, miembro) no siempre suministra un número suficiente de categorías para la apropiada asignación relativa de todas las unidades. En ciertas áreas, los estratígrafos han denominado y definido conjuntos de formaciones dentro de grupos útiles ya establecidos y han llamado subgrupos a estos conjuntos.

(e) **Supergrupo.** En ciertas áreas los estratígrafos necesitan un supergrupo; esto es, un conjunto formal de grupos o de formaciones y grupos interrelacionados.

(f) **Mal uso del término “serie” por grupo o supergrupo.** El término “serie” se ha empleado para un conjunto de formaciones o un conjunto de formaciones y grupos, especialmente en el Precámbrico, pero ya no debe usarse así. Estos deben ser grupos o supergrupos. El término “serie” también ha sido aplicado a una secuencia de rocas provenientes de una sucesión de erupciones o intrusiones. El término “serie” empleado de esta manera, casi siempre va precedido por un adjetivo tal como eruptivo, intrusivo o volcánico, para indicar el origen de la roca. Aquí, como en las demás partes de la litoestratigrafía, grupo debe reemplazar a “serie”. Serie es un término cronoestratigráfico que no debe usarse en sentido litoestratigráfico. (Véanse artículos 6g y 30d).

NOMENCLATURA DE UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 10. El nombre formal de una unidad litoestratigráfica de cualquier rango es binomio, consistente de un nombre geográfico combinado con un término litológico descriptivo o solo con el término del rango apropiado. Se recomienda el uso de mayúsculas en las iniciales de todas las palabras usadas para formar los nombres de las unidades litoestratigráficas formales.

Observaciones. (a) Fuente del nombre geográfico. El nombre geográfico debe tomarse de un rasgo natural o artificial en o cerca de donde la unidad estratigráfica está típicamente desarrollada. Los nombres derivados de tales fuentes cambiantes como los de haciendas o ranchos, iglesias, escuelas, cruces de caminos y pequeños poblados, no son completamente satisfactorios, pero se aceptan si no hay otros disponibles. Nombres para formaciones u otras unidades litológicas importantes pueden seleccionarse de aquellos que se encuentren en un atlas ordinario, o en mapas de estados, provincias, condados, servicios forestales, topográficos u otros semejantes. Si se emplea un nombre que no llene estos requisitos, es necesario hacer una descripción precisa del lugar de donde se tome el nombre. Puede dársele a una formación del subsuelo un nombre de hacienda si su localidad-tipo se encuentra en una área escasamente poblada, con pocos nombres geográficos. Una unidad no debe tomar su nombre de la fuente de sus materiales; por ejemplo, un supuesto depósito derivado del centro de Keewatin no debe llamarse “Acarreo Glacial Keewatin”.

(b) Omisión de parte del nombre. Si la repetición frecuente da lugar a un estilo fastidioso y la omisión no oscurece el sentido, puede usarse solo el nombre geográfico, el término litológico o el nombre del rango, como “la Burlington”, “la caliza” o “la formación”, en vez de la Caliza Burlington.

(c) Uso de un término litológico sencillo. Si se emplea un término litológico en el nombre de una unidad litoestratigráfica, se recomienda el término más sencillo generalmente aceptable (por ejemplo, caliza, arenisca, lutita, toba, granito, cuarcita, serpentina). Debe evitarse el uso de términos compuestos (por ejemplo, lutita arcillosa, gneis granítico de hornblendita, microclina y oligoclasa) y términos que no son de uso común (por ejemplo, calcirudita, ortocuarcita). No deben usarse términos combinados tal como arena y arcilla, para la parte litológica de los nombres de las unidades litoestratigráficas, ni debe usarse un adjetivo entre el término geográfico y el litológico como “Lutita Negra Chattanooga” y “Formación Ferrífera Biwabik”.

(d) Un nombre de grupo comúnmente combina un nombre geográfico con el término “grupo” y no se incluye una designación litológica; por ejemplo, Grupo San Rafael.

(e) Un nombre de formación consiste del nombre geográfico precedido de una designación litológica o de la palabra “formación”. Ejemplos: Arenisca Dakota, Riolita Mitchell Mesa, Formación Monmouth, Tilita Fort Covington.

(f) Un nombre de miembro combina un término geográfico precedido por el término “miembro”. Si conviene usar una designación litológica, debe incluirse como parte del nombre (Miembro Arenisca Wedington de la Lutita Fayetteville).

(g) Mayúsculas. Cuando se aplican nombres geográficos (véase Observación h) a unidades informales tales como arenas aceitíferas, capas de carbón, zonas mineralizadas y miembros informales (véanse artículos 4f y 8a), el término de la unidad no debe ir con mayúscula. Un nombre no es necesariamente formal porque esté escrito con mayúsculas iniciales, ni el dejar de usar las mayúsculas iniciales lo hace informal. Los nombres geográficos deben combinarse con los términos “formación” o “grupo” solamente en la nomenclatura formal.

(h) **Uso informal de nombres geográficos idénticos.** La aplicación de nombres geográficos idénticos a varias unidades menores en una secuencia vertical se considera como nomenclatura informal (carbón Mount Savage inferior, arcilla refractaria Mount Savage, carbón Mount Savage superior, carbón montado Mount Savage y arenisca Mount Savage). La aplicación de nombres geográficamente idénticos a varias unidades litológicas que constituyen un ciclo de sedimentación se considera igualmente informal.

(i) **Roca ígnea intrusiva.** En algunas áreas se necesita terminología estratigráfica formal para las rocas ígneas intrusivas (véase artículo 6h). El nombre formal de un cuerpo de roca intrusiva consiste propiamente de un término geográfico y del nombre petrográfico del tipo de roca predominante; por ejemplo, Granodiorita Goose Lake. “Dique”, “tronco”, “plutón”, “batolito” y otros nombres semejantes, o términos más generalizados como “intrusión”, no son términos estratigráficos; por lo tanto, los nombres de tales cuerpos ígneos intrusivos como el batolito Idaho o el plutón Loon Lake, no son nombres estratigráficos.

(j) **Roca metamórfica** reconocida como perteneciente a una secuencia estratificada normal debe clasificarse en grupos, formaciones y miembros denominados, tales como Riolita Deception, una formación del Grupo Ash Creek. A las rocas metamórficas o metasomáticas, no clasificables por los métodos estratigráficos normales, debe dárseles un nombre geográfico apropiado precedido de un término petrográfico de la roca predominante de la unidad; por ejemplo, Gneis Baltimore. (Véase artículo 6i).

(k) **Mal uso de nombre bien conocido.** Un nombre que sugiere alguna localidad, región o división política bien conocida, no debe aplicarse, por lo general, a una unidad típicamente desarrollada en otra localidad menos conocida del mismo nombre. Por ejemplo, no sería aconsejable usar el nombre de “Formación Chicago” para una unidad en California.

ARTÍCULO 11. La regla de prioridad debe observarse al aplicar nombres a las unidades litoestratigráficas.

Observaciones. (a) **La prioridad** se define como prioridad en la fecha de publicación. La precedencia de página debe ser decisiva, como en otros conjuntos de reglas que rigen a la nomenclatura científica.

(b) **Conservación de nombre bien establecido.** Un nombre que ha llegado a estar bien establecido no debe ser desplazado, solamente por cuestión de prioridad, por uno no bien conocido o solo usado ocasionalmente. El término “bien establecido” es difícil de definir, pero la aceptación de un nombre por varios autores generalmente se toma como su establecimiento.

(c) **La duplicación de nombres** debe evitarse en toda Norteamérica. Un nombre previamente aplicado a cualquier unidad no debe ser aplicado posteriormente a otra, a menos que no exista alternativa, y en tal caso solo si la separación geográfica y estratigráfica impide toda confusión. Además, un grupo y una formación dentro de éste no deben llevar el mismo nombre (véase artículo 16d), ni tampoco una formación y un miembro dentro de ésta; por ejemplo, el miembro inferior de la Formación Pruet no debe llamarse “miembro inferior Pruet”.

ARTÍCULO 12. El componente geográfico de un nombre litoestratigráfico establecido no debe cambiarse.

Observaciones. (a) **Diferencia en la ortografía del nombre geográfico.** Un nombre estratigráfico repetidamente publicado con ortografía diferente a la de su fuente geográfica debe, no obstante, conservarse. Por ejemplo, Lutita Bennett, usada uniformemente por más de treinta años, no debe alterarse a Lutita Bennet apoyándose en que la población se llama Bennet. Los nombres estratigráficos que han sido escritos con diversa ortografía deben uniformarse adoptando la forma aceptada por la mayoría, cualquiera que sea la ortografía local o la ortografía original en la literatura geológica. Esta observación no debe tomarse como una exigencia a los geólogos de una lengua nativa a que continúen usando nombres propuestos para su región por geólogos de otra lengua, si estos nombres son absurdos o violan el buen gusto.

(b) **El cambio del nombre de un rasgo geográfico** no lleva consigo el cambio del nombre correspondiente a una unidad estratigráfica. El nombre original de la unidad debe ser conservado. Por ejemplo, la Lutita Mauch Chunk no debe cambiarse a Lutita Jim Thorpe porque la antigua población de Mauch Chunk es ahora llamada Jim Thorpe.

(c) **La desaparición de un rasgo geográfico** no implica la desaparición del nombre correspondiente de una unidad estratigráfica. Por ejemplo, Arenisca Thurman, así llamada por una antigua villa en el Condado de Pittsburg, Oklahoma, no requiere ser rebautizada, aunque la villa haya desaparecido.

(d) **Nombres en diferentes países y diferentes lenguas.** La ortografía del componente geográfico de un nombre litoestratigráfico debe estar de acuerdo con el uso reconocido en el país que tiene la localidad-tipo. No debe alterarse convirtiéndolo en palabras equivalentes pero diferentes en otros idiomas. Por ejemplo, Cuchillo no debe traducirse como Knife, y Peña debe conservar su tilde; a su vez, Canyon no debe traducirse como Cañón. Además, no debe denominarse Mountchauve una unidad litológica tomada de Bald Mountain en Wyoming; el nombre de Bald Mountain está ya ocupado y no debe traducirse. Es apropiado, sin embargo, traducir el término litológico o de rango; así, la "Edwards Limestone" puede llamarse "Caliza Edwards" y la "Formación La Casita", "La Casita Formation".

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS FORMALES

ARTÍCULO 13. El establecimiento de una unidad litoestratigráfica formal requiere la publicación, en algún medio científico reconocido, de una definición que incluya: (i) expresión de la intención de designar una unidad formal; (ii) selección del nombre; (iii) definición de la unidad en el área-tipo con la ubicación específica de la sección-tipo; (iv) características distintivas; (v) definición de los límites y relaciones de los contactos; (vi) forma y dimensiones y hasta donde sea posible, (vii) edad geológica y su correlación.

Observaciones. (a) **Requisitos específicos.** La unidad propuesta debe ser descrita y definida tan claramente que cualquier investigador posterior pueda reconocer la misma unidad en forma indudable. La intención de introducir un nombre nuevo y los datos importantes que llevaron a la determinación de la unidad deben ser claramente expuestos. La definición debe citar el rasgo geográfico de donde se tome el nombre. Debe citarse también la ubicación específica de una o más secciones representativas cercanas al rasgo geográfico. Una de estas secciones debe ser designada como sección-tipo, y debe incluirse su descripción. Deben incluirse referencias específicas a su ubicación en un municipio u otra división de terreno. Es conveniente que se incluya un mapa preciso que muestre la ubicación de la sección-tipo. Cuando sea necesario, pueden designarse secciones de referencia como suplementarias a la sección-tipo, o, cuando ésta ya no esté expuesta, debe establecerse una sección de referencia principal. (Véase Observación i). La expresión morfológica de la unidad debe describirse. Al definirse los límites de una unidad, no es suficiente decir solo que la cima de la Formación X es la base de la Formación Y; deben describirse explícitamente, hasta donde sea posible, los criterios empleados para delinear el límite con referencia a puntos específicos en la sección-tipo o en las secciones típicas.

(b) **Requisitos adicionales para unidades del subsuelo.** Se conceden nombres formales a las unidades del subsuelo solamente si tales nombres son útiles para describir la geología de la región y si la sección del subsuelo difiere materialmente de las rocas equivalentes en el afloramiento. Al proponer un nombre para una unidad del subsuelo, el pozo o mina en el cual está la sección-tipo se convierte en la localidad-tipo. Las unidades del subsuelo definidas, tomando como base las exposiciones en las minas, deben tratarse en forma análoga a las otras unidades del subsuelo. Es conveniente citar los siguientes datos adicionales:

- (i) Ubicación de la mina o pozo-tipo por descripción escrita y mapa; nombre del operador o de la compañía operadora; nombre del lote o de la concesión; fecha de la perforación; profundidad total; elevación de la superficie y profundidades a la cima y a la base de la nueva unidad o del nivel de la mina donde está expuesta. Si con un solo pozo no se pueden suministrar todos los datos necesarios para establecer una sección-tipo, deben utilizarse dos o más pozos.
- (ii) Copia de los registros del pozo o pozos, mapas y secciones de la mina, en forma escrita o gráfica, o ambas. Los límites y las subdivisiones de la nueva unidad, si las hay, deben indicarse claramente en registros o cuadros.
- (iii) Registros eléctricos o mecánicos, preferentemente de varios pozos. Los límites y subdivisiones de la nueva unidad deben mostrarse a escala suficientemente grande que permita la apreciación completa de los detalles.
- (iv) La ubicación del lugar donde estén disponibles para su estudio las colecciones de núcleos, muestras de canal o de material fósil. Tales lugares pueden ser federales, provinciales, estatales, de servicios geológicos, universidades o museos con facilidades apropiadas.

(c) **Forma de publicación.** La frase “medio científico reconocido” es difícil de definir. La disponibilidad al público científico es el principal factor de-

terminante, independientemente de la tirada o de la forma de publicación, ya sea impresa, en mimeógrafo o en litografía. Una publicación debe estar en disponibilidad general, ya sea por solicitud o compra. Cualquier serie numerada, bien conocida, que se publica periódicamente puede llenar este requisito. Muchas publicaciones independientes o que salen irregularmente también lo llenan, aunque alguna noticia de ello debe aparecer en una publicación científica periódica que tenga circulación nacional. Los nombres propuestos en medios informales o restringidos tales como cartas, informes privados de compañías que no estén disponibles al público, discursos no publicados, tesis o disertaciones, no tienen categoría formal en la literatura estratigráfica. La reproducción en microfilm o la publicación en periódicos y revistas comerciales o industriales no son formas de publicación válida.

(d) Es insuficiente la mención casual de un nombre. La mención casual, tal como “la formación en la escuela de Jonesville”, no establece un nombre nuevo, ni su mero uso en una tabla o sección columnar o en un mapa. Para ser válido, un nombre nuevo debe estar debidamente propuesto según se bosqueja en la Observación a.

(e) **Publicación en resúmenes o libretos-guía.** Los nuevos nombres estratigráficos no deben incluirse en un resumen publicado separadamente como anticipo de un informe más completo, pues la condición especial de los resúmenes no permite una definición completa. No deben introducirse nombres nuevos en los libretos-guía.

(f) **Consulta sobre nombres ya establecidos.** Los autores deben consultar los registros federales y estatales de los nombres estratigráficos para determinar si un nombre ha sido usado previamente (Véase artículo 3).

(g) **Relación entre nombres en afloramientos y nombres en el subsuelo.** Puede ser posible correlacionar una unidad denominada en el subsuelo con otra denominada en la superficie. Si las características de ambas son tan semejantes que los dos nombres son innecesarios, la prioridad y el uso deben determinar cuál de los dos debe ser aplicado.

(h) **La sección-tipo nunca se cambia.** Las secciones-tipo no pueden cambiarse. Puede haber más de una sección típica, pero solamente una sección-tipo.

(i) Pueden establecerse **localidades de referencia** para suplementar la localidad-tipo. Por ejemplo, al denominar rocas débilmente consolidadas, puede ser necesario designar una área-tipo dentro de la cual las relaciones diagnósticas estén ampliamente representadas, debido a que los buenos afloramientos pueden desaparecer. De este modo, la localidad-tipo contiene la sección-tipo, y el área-tipo contiene la localidad-tipo. Muchas definiciones antiguas de unidades estratigráficas nombran una área-tipo o una región-tipo sin especificar una sección-tipo.

REVISION DE LA CLASIFICACION Y NOMENCLATURA LITOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 14. La redefinición de una unidad litoestratigráfica sin cambiar su nombre requiere tanta justificación como la necesaria para establecer una unidad nueva.

Observaciones. (a) La redefinición es justificable si un cambio menor en el límite hace a una unidad más útil y natural. Si la revisión solo quita una parte menor de una unidad previamente establecida, puede conservarse el nombre original para la parte mayor.

(b) Restricción indeseable. Cuando una unidad se divide en dos o más del mismo rango que la original, el nombre original no debe emplearse para ninguna de las divisiones. El conservar el nombre antiguo para una de las unidades impediría el uso del nombre en un término de rango más alto. Con el objeto de comprender el significado del autor, un lector posterior debe tener conocimiento de la modificación y de su fecha, y si el autor está siguiendo el uso original o el modificado. Por esta razón debe ser una práctica normal elevar el rango de una unidad cuando en todas partes se encuentra que es subdivisible en unidades cartografiables. (Véase artículo 9c).

ARTÍCULO 15. Un cambio en el término litológico aplicado a una unidad litoestratigráfica no requiere un nuevo término geográfico.

Observaciones. (a) Cambio en la designación litológica. La prioridad no debe impedir una designación litológica más precisa si la designación original no es aplicable en todas partes; por ejemplo, el término “caliza” en nombres tales como Caliza Galena y Caliza Leadville puede ser inaplicable localmente y cambiarse por lo tanto a “dolomita”, aun cuando la sección-tipo haya estado correctamente denominada. Si la variación litológica no responde a ninguno de los dos miembros, es preferible emplear el término “formación”.

ARTÍCULO 16. El cambio en el rango de una unidad litoestratigráfica no requiere la redefinición de sus límites o la alteración de la parte geográfica de su nombre.

Observaciones. (a) Cambio de rango. Es posible que un miembro se convierta en formación o viceversa y que una formación se convierta en grupo o viceversa.

(b) Ejemplos de cambios de una área a otra. La Lutita Conasauga es reconocida como una formación en Georgia y como un grupo en Tennessee oriental; la Formación Osgood, la Caliza Laurel y la Lutita Waldron de Indiana, son clasificadas como miembros de la Formación Wayne en una parte de Tennessee; la Arenisca Virgelle es una formación en Montana occidental y un miembro de la Arenisca Eagle en Montana central.

(c) Ejemplo de cambio en una misma área. A menudo resulta conveniente cambiar el rango de una unidad sin cambiar su contenido litológico. Por ejemplo, la Caliza Madison de trabajos previos en Montana, se convirtió en trabajos posteriores en el Grupo Madison conteniendo varias formaciones.

(d) Diferente nombre geográfico para una unidad y sus partes. Al cambiar de rango una unidad, el mismo nombre no debe continuar aplicándose tanto a toda la unidad como a una parte de ella. Por ejemplo, el Grupo Astoria no debe contener una Arenisca Astoria, ni la Formación Washington, un Miembro Arenisca Washington (Véase artículo 11c).

ARTÍCULO 17. Un nombre de una unidad estratigráfica aplicado una vez y luego abandonado queda disponible para otra unidad solamente si el nombre fue introducido casualmente, o si ha sido publicado una sola vez en las últimas décadas y no está en uso actual, siempre que su reintroducción no cause confusión.

Observaciones. (a) **Nombres anticuados.** Los autores deben referirse a los registros federales y estatales de los nombres estratigráficos para determinar si un nombre es anticuado (Véase artículo 3).

(b) **Referencia a nombres abandonados.** Cuando se considere conveniente referirse a un nombre formal anticuado o abandonado, debe aclararse su estado por términos tales como “abandonado” o “anticuado”, o por el uso de una frase tal como “la Arenisca La Plata de Cross (1898)”.

UNIDADES EDAFOESTRATIGRÁFICAS

ARTÍCULO 18. Una unidad edafoestratigráfica es un suelo con rasgos físicos y relaciones estratigráficas que permiten su reconocimiento consistente y su cartografía como una unidad estratigráfica. Las unidades edafoestratigráficas son distintas tanto de las litoestratigráficas como de las edafológicas.

Observaciones. (a) **Difieren de las unidades litoestratigráficas.** Una unidad edafoestratigráfica difiere de una unidad litoestratigráfica en que se formó en su mayor parte *in situ* a partir de las unidades litoestratigráficas subyacentes, las cuales pueden diferir en composición y edad geológica. (Véase artículo 4i). Además, los rasgos característicos de las unidades edafoestratigráficas son producto del intemperismo superficial y de la acción de organismos en tiempo posterior, bajo condiciones ecológicas independientes de aquellas que prevalecieron mientras se formaban las rocas de las cuales se derivaron.

(b) **Difieren de las unidades edafológicas.** Las relaciones estratigráficas son un elemento esencial al definir una unidad edafoestratigráfica, pero son ajenas al definir una unidad edafológica. Una unidad edafoestratigráfica puede comprender una o más unidades o partes de unidades edafológicas.

(c) **Requisitos para la categoría formal.** Una unidad edafoestratigráfica debe definirse tomando como base los rasgos físicos observables y las relaciones estratigráficas en una localidad-tipo y puede extenderse tan lejos como pueda ser reconocida. Los límites pueden ser colocados en contactos definidos o dentro de zonas de transición. La definición de una unidad edafoestratigráfica debe basarse en un conocimiento tan completo como sea posible de sus variaciones laterales y debe ser independiente de los conceptos basados en la historia geológica. Las unidades edafoestratigráficas pueden ser paralelas a los horizontes de tiempo o pueden transgredirlos.

(d) **Rango.** El único rango de la clasificación edafoestratigráfica es el suelo.

(e) **Nombres.** Los nombres formales de las unidades edafoestratigráficas deben escogerse de acuerdo con las reglas que rigen para la denominación de

las unidades litoestratigráficas y no deben entrar en conflicto con los nombres litoestratigráficos o edafológicos. Los nombres basados en unidades litológicas subyacentes o superyacentes, como por ejemplo, el suelo pre-Claiborne y post-Wilcox, son informales.

UNIDADES BIOESTRATIGRAFICAS

NATURALEZA DE UNIDADES BIOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 19. Una unidad bioestratigráfica es un cuerpo de estratos de roca caracterizado por su contenido de fósiles contemporáneos al depósito de los estratos.

Observaciones. (a) **Restos fósiles**, tanto de plantas como de animales, se encuentran ampliamente distribuidos en las rocas sedimentarias y proporcionan varias clases diferentes de información estratigráfica. Debido a su complejidad y variedad son constituyentes litológicos particularmente distintivos e identificables. Los fósiles, como restos de formas que vivieron alguna vez, son indicadores sensibles de ambientes de depósito. Finalmente, debido a la evolución progresiva más o menos ordenada de los organismos durante el Eón Fanerozoico, los fósiles son particularmente valiosos en la correlación cronológica de los estratos y son esenciales para colocar a las rocas en una columna geocronológica mundial.

(b) **Contemporaneidad de la roca y los fósiles contenidos.** Normalmente, todos los fósiles contenidos en una unidad bioestratigráfica son restos de organismos que vivieron cuando los sedimentos que los rodean fueron depositados. Los organismos pueden haber sido sepultados *in situ* o transportados al lugar de su sepultura, pero en cualquiera de ambos casos son autóctonos en el sentido de que pertenecen al depósito como constituyentes originales contemporáneos. Por ejemplo, hojas bien conservadas de plantas terrestres están asociadas con crinoides articulados, casi completos, y otros invertebrados marinos en la Formación Keasey (¿del Oligoceno?) del noroeste de Oregon.

(c) **Fósiles retrabajados.** Algunos estratos sedimentarios, sin embargo, contienen fósiles “retrabajados” derivados de rocas más antiguas. Ejemplos de fósiles que claramente no son autóctonos de la roca que los contiene son: (i) fósiles ordovícicos silicificados y gastados en los depósitos misisípicos de Missouri suroriental; (ii) una mezcla de foraminíferos intemperizados y casi perfectos del Cretácico Tardío en la Caliza Clayton (del Paleoceno) del sur de Alabama, y (iii) abundantes pelecípodos cretácicos (*Gryphaea*) mezclados con vertebrados miocénicos en la Arenisca Oakville (del Mioceno) del suroeste de Texas. Estos fósiles adventicios pueden ser significativos desde ciertos puntos de vista, pero son claramente distintos de los restos autóctonos; pueden ser apropiados para identificar una unidad litoestratigráfica, pero no lo son para definir una unidad bioestratigráfica.

(d) **Fósiles “colados”.** Mucho menos comunes son los restos orgánicos “colados” provenientes de fuentes más recientes. Tales fósiles son más jóvenes que los estratos que los contienen. Aunque las coladuras estratigráficas son

generalmente fáciles de reconocer, no todas son obvias y el no reconocerlas puede causar serios errores. Ejemplos de ellas son: (i) conchas de moluscos cenozoicos que se han introducido perforando estratos del Cretácico y aun del Paleozoico; (ii) tanto microfósiles como macrofósiles que han sido acarreados de formaciones más jóvenes a través de grietas hasta cavidades de disolución en las rocas más antiguas, en donde han quedado aprisionados por depósitos minerales o sedimentos.

(e) **Relación entre las unidades bioestratigráficas y las litoestratigráficas.** Las unidades bioestratigráficas son fundamentalmente diferentes de las unidades litoestratigráficas. Los límites de ambas pueden coincidir o estar en horizontes estratigráficos completamente diferentes, o pueden cruzarse entre sí. Donde los restos de fósiles son tan abundantes que por sí mismos llegan a ser litológicamente importantes, una unidad bioestratigráfica puede también ser una unidad litoestratigráfica. Además, los cambios litológicos que limitan a las unidades litoestratigráficas pueden representar cambios en el ambiente de depósito que están asimismo reflejados en cambios de conjuntos fósiles, de tal modo que los límites de ambas clases de unidades se corresponden muy aproximadamente. Análogamente, las discordancias o interrupciones en el depósito tienden a concentrar los límites de las hemerozonas (biozonas) en horizontes de cambio litológico.

(f) **Relación entre las unidades bioestratigráficas y las cronoestratigráficas.** Una unidad bioestratigráfica está limitada físicamente y se extiende no más allá de los límites de los estratos caracterizados por un cierto fósil o conjunto de fósiles. Comúnmente, la evidencia bioestratigráfica es el medio más útil para determinar los límites cronoestratigráficos, pero los criterios para definir unidades bioestratigráficas y cronoestratigráficas difieren fundamentalmente.

(g) **Significado ecológico y evolucionario.** Debido a que los fósiles reflejan tanto el cambio evolucionario irreversible como la adaptación al ambiente, todas las unidades bioestratigráficas son registros tanto del tiempo como de las facies.

ARTÍCULO 20. Una zona es la unidad básica general en la clasificación bioestratigráfica. Se define como un estrato o cuerpo de estratos caracterizado por la presencia de una unidad o unidades taxonómicas fósiles de la cual o de las cuales recibe su nombre.

Observaciones. (a) **Clases de zona.** El término "zona" no define una unidad bioestratigráfica formal, porque ha sido usado sin discriminación para varios conceptos diferentes y no hace distinción entre ellos. Además, el término "zona" no está confinado a la bioestratigrafía, porque se usa en otras clases de clasificaciones estratigráficas y en otras ramas de la geología (por ejemplo, zona pedernalosa, zona concrecionaria, zona de falla, zona de flujo, zona de saturación (véase artículo 4g). No obstante, su uso en la bioestratigrafía reclama gran antigüedad, si no prioridad. Se requiere una definición más específica de zona para expresar con precisión los conceptos bioestratigráficos.

(b) **Definición.** Una zona bioestratigráfica está definida solamente por los fósiles que contiene, sin referencia a la litología, ambiente inferido o conceptos de tiempo.

(c) **Amplitud del término “zona”.** Una zona bioestratigráfica puede basarse en todos sus fósiles o solamente en los fósiles de un tipo, de una clase o de un orden, etc. De ahí que es posible tener sistemas diferentes y traslapantes de zonas diversamente basadas en foraminíferos, moluscos, diatomeas, vertebrados, plantas terrestres o en combinaciones de dos o más clases de restos orgánicos.

(d) **Dimensiones de una zona.** La escala de clasificación de una zona es indefinida y extremadamente variable. En un extremo, la zona puede consistir de una sola capa local con un conjunto característico de fósiles; en el otro es posible aún considerar todos los depósitos cenozoicos como constituyendo una “Zona de Mamíferos” y todos los depósitos mesozoicos como constituyendo una “Zona de Reptiles”.

(e) **Subzona.** En algunos lugares puede ser factible y conveniente reconocer y definir unidades zonales de rango más bajo. Estas pueden ser designadas como subzonas y clasificadas como subdivisiones de la zona. No es necesario que toda la zona tenga que dividirse en subzonas.

(f) **Zónula.** La subdivisión reconocida más pequeña de una zona es una zónula. Generalmente consiste de un solo estrato o de un pequeño espesor de estratos. Las zónulas no necesitan ser unidades bioestratigráficas verticalmente contiguas. Una zónula puede distinguirse como un componente menor de una zona, sin la división de la zona en subzonas. A este respecto, la clasificación y nomenclatura de las zónulas corresponden al uso litoestratigráfico para denominar los miembros o capas (véanse artículos 7a y 8a).

(g) **Zona de apogeo.** Una zona de apogeo es una clase especial de zona, caracterizada por la abundancia excepcional de alguna unidad taxonómica de la cual toma el nombre. Las zonas de apogeo son informales. Pueden representar uno o más episodios de excepcional proliferación de una unidad taxonómica, no solo en cuanto al número de individuos, sino comúnmente en tales aspectos como una gran diseminación lateral, o el predominio en todo el conjunto orgánico. Otros términos diferentes, tales como epibole, zona de acme y zona de inundación, tienen esencialmente el mismo significado que zona de apogeo.

ARTÍCULO 21. Una zona de conjunto es un cuerpo de estratos caracterizado por cierto conjunto de fósiles, sin tomar en cuenta sus hemeros; recibe su nombre de uno o más de estos fósiles.

Observaciones. (a) Naturaleza. Las bases para reconocer zonas de conjunto incluyen variaciones en las unidades taxonómicas fósiles, en la abundancia de los ejemplares o en ambos. Tales variaciones generalmente responden a la acción del medio ambiente, aunque el cambio evolucionario puede ser un factor en la variación. La zona de conjunto puede señalar la facie ecológica, la edad o ambas. Sin embargo, esencialmente es un agrupamiento de estratos de acuerdo con el contenido de fósiles directamente observables. Las zonas de conjunto pueden estar basadas en todos los fósiles o solo en clases específicas. El conjunto sobre el cual se basa una unidad específica debe estar definido en una sección especificada.

(b) **Denominación.** Generalmente el nombre de una zona de conjunto se deriva de una o más unidades taxonómicas particularmente prominentes o diag-

nósticas del conjunto, aunque las que suministren el nombre no necesitan estar confinadas a la zona ni encontrarse en cada una de sus partes.

(c) **Ejemplo.** La Zona de Conjunto *Heterostegina* de la costa del Golfo es un ejemplo.

(d) **Historia.** La faunizona y florizona de Buckman se aproximan mucho al concepto de zona de conjunto, pero estos nombres no son generalmente aceptados y sus definiciones precisas están en disputa. Algunos consideran la faunizona (o florizona) como formada por el traslape de biozonas (véase artículo 22h) y como poseyendo preponderantemente un significado cronoestratigráfico; otros consideran la faunizona (o florizona) como un cuerpo de estratos caracterizado por una fauna o flora particular, sin tomar en cuenta si posee un significado temporal inferido, o solo ecológico. Una zona de conjunto en la forma que aquí se define, se emplea sin implicar ni tiempo ni facie. (Véase también artículo 23).

(e) **Fósiles-guía.** El fósil o los fósiles más característicos de una zona de conjunto y los escogidos para denominarla, así como otros fósiles característicos del conjunto, se denominan fósiles-guía. Ni los fósiles de los cuales se deriva el nombre ni los otros fósiles-guía están necesariamente restringidos a la zona, ni se encuentran en cada una de sus partes.

ARTÍCULO 22. Una hemerazona es un cuerpo de estratos que comprende el alcance total vertical y horizontal del acaecimiento de una unidad taxonómica especificada.

Observaciones. (a) **Naturaleza.** Cada unidad taxonómica tiene su propia hemerazona individual y, por lo tanto, hay tantas hemerazonas como especies, géneros, etc., reconocidos.

(b) **Extensión.** Una hemerazona comprende las rocas que contienen la unidad taxonómica cuyo nombre lleva.

(c) **Ejemplo.** La Hemerazona *Cardioceras cordatum* es el cuerpo total de rocas limitado por los límites vertical (estratigráfico) y horizontal (geográfico) de la presencia de la *Cardioceras cordatum*. Las hemerazonas generalmente no coinciden con las zonas de conjunto cuyos nombres se derivan del mismo fósil.

(d) **Aplicación.** Las hemerazonas son muy usadas en la cronocorrelación de estratos y han suministrado la base para colocar las rocas en la escala geocronológica de norma. Debido a que las unidades taxonómicas en las que se basan las hemerazonas son definidas arbitrariamente, las hemerazonas en sí son igualmente arbitrarias y están muy lejos de ser precisas. Además, es obvio que no se prestan para la división sistemática de una sección estratigráfica, en unidades que no contengan lagunas y traslapes, ya que éstos son inevitables en los hemeros.

(e) **Valor temporal.** El tiempo representado por una hemerazona puede designarse como su valor temporal; por ejemplo, el valor temporal de la Hemerazona *Cardioceras cordatum* difiere del de la Zona de Conjunto *Cardioceras cordatum*.

(f) **Amplitud.** No hay unidades de mayor o menor rango que el de la hemerazona que constituyan una jerarquía de términos en esta clase de clasi-

ficación bioestratigráfica, aunque es probable que la hemerazona de un género sea mayor de la de cualquiera de sus especies constituyentes, la hemerazona de una familia mayor de la de cualquiera de sus géneros constituyentes, y así sucesivamente.

(g) **Hemerazona local.** El alcance de una unidad taxonómica en cualquier sección o área local, no es probable que sea el máximo. Una hemerazona local puede designarse simplemente como la hemerazona de la unidad taxonómica en una determinada sección o área geográficamente ubicada; por ejemplo, “Hemerazona *Dorothia bulleta* en Dinamarca”, “Hemerazona *Megalodon*” en la sección de “Exshaw Creek”. El uso del término alemán “*teilzone*” u otros términos especiales para una hemerazona local parece ser innecesario. Obviamente, la suma de todas las hemerazonas locales es la hemerazona de la unidad taxonómica. Hay diferencias considerables en el lapso de hemerazonas locales en diferentes áreas, debido a variaciones en facies, al tiempo de migración y a otros factores. Como nunca podrán conocerse todas las hemerazonas locales, la verdadera hemerazona no puede ser determinada.

(h) **Sinónimos.** En 1902 Buckman acuñó el término “biozona” como un término cronológico que indicaba el hemero de una determinada unidad taxonómica dentro del tiempo geológico. ARKELL⁵ señaló que H. S. Williams en 1901 ya había acuñado el término “*biochrón*” con ese significado. Arkell prefirió el uso de biozona para los depósitos formados durante el lapso de vida de la unidad taxonómica, pero es una cuestión controvertible si la biozona incluye todos los depósitos equivalentes en edad al lapso de vida de la unidad taxonómica o solamente aquellos en los que, de hecho, se encuentra la unidad taxonómica. El término “biozona” se ha empleado con los tres significados; por lo tanto es algo confuso y el término hemerazona es más fácilmente comprensible. El término “*teilzone*” propuesto por Pompeckj es reemplazado por el término “hemerazona local” (véase Observación g).

ARTÍCULO 23. Una hemerazona concurrente es una zona definida por el traslape de hemeros de unidades taxonómicas especificadas, de una o más de las cuales toma su nombre.

Observaciones. (a) Naturaleza. La hemerazona concurrente es una de las clases de zonas más útiles. Es la base principal de la cronocorrelación de estratos. Las unidades taxonómicas especificadas son solo aquellas que forman una asociación distintiva debido a que sus hemeros se traslapan; esto es, algunas unidades no tienen un alcance más alto que el de la zona, otras no tienen uno más bajo que el de la zona y algunas otras pueden estar confinadas a ella. Para que posea un significado útil la hemerazona concurrente debe definirse explícitamente nombrando a las unidades taxonómicas en cuyo traslape está basada la unidad. Ayuda citar localidades de referencia donde la unidad está expuesta y las unidades taxonómicas escogidas están adecuadamente representadas.

(b) **Historia.** La hemerazona concurrente, según se define aquí, es la zona generalmente reconocida por los estratígrafos cuando emplean los fósiles

⁵ ARKELL, W. J., 1933, *The Jurassic System in Great Britain*: Oxford, p. 22-23.

al tratar de efectuar cronocorrelaciones de estratos. Tales zonas son formales. Históricamente este uso se deriva de OPPEL^o quien describió la “zona” como “. . . definida en un lugar cualquiera por un número de especies que son constantes en ella. . .” (Véase también el artículo 21d).

(c) **Ejemplo.** La Hemerizona Concurrente *Bulimina excavata* (del Paleoceno de California) contiene la presencia más baja conocida de *Anomalina judas*, *Bulimina excavata*, *Cibicides fortunatus*, más 73 especies adicionales y la presencia más alta de *Ammodiscus glabratus*, *Bulimina exigua*, *Gyrodirina depressa*, más 20 especies adicionales (V. S. Mallory, 1959).

NOMENCLATURA DE UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS

ARTÍCULO 24. El nombre de una zona, subzona o zónula, consiste de los nombres del fósil o los fósiles más característicos combinados con el término apropiado de zona.

Observaciones. (a) **Ambigüedad del término “zona” no modificado.** El nombre formal de cualquier unidad bioestratigráfica debe especificar la clase de zona, porque el significado del término no modificado es indefinido. En referencias posteriores en un mismo trabajo, sin embargo, es permisible combinar el nombre biológico con el término “zona” no modificado, si el significado es obvio.

(b) **Mayúsculas.** Con excepción de los nombres de especies, debe ser mayúscula la letra inicial de los términos de unidades formales empleados en la clasificación bioestratigráfica cuando son parte del nombre de una unidad, de acuerdo con el uso adoptado para las unidades litoestratigráficas y cronoestratigráficas (Véanse artículos 10g y 32). Ejemplos de ello son la Hemerizona Concurrente *Cardioceras cordatum*; la Hemerizona *Bolivina*; la Subzona *Bifericeras bifer* y Subzona *Oxynoticeras lymense* de la Hemerizona Concurrente *Oxynoticeras oxynotum*, Sinemuriano, Jurásico Inferior de Inglaterra.

(c) **Nombre genérico.** El nombre formal de una zona o subzona que esté basado sobre cierta especie debe incluir siempre también el nombre genérico. En referencias posteriores a la zona en un mismo trabajo, sin embargo, es permisible usar solamente la letra inicial del género precediendo al nombre específico; por ejemplo, Zona *C. cordatum*.

(d) **Nombres formal e informal.** Las unidades bioestratigráficas, como las de otras categorías (litoestratigráficas, cronoestratigráficas) pueden ser formales o informales (véase artículo 3). Las unidades formalmente designadas deben distinguirse por el uso de una letra mayúscula inicial para el término zona (véase Observación b), mientras que en una unidad informal no debe emplearse la mayúscula; por ejemplo, zona *Cardioceras cordatum*.

(e) **Duplicación de nombres.** El nombre del mismo fósil no debe usarse para una zona y al mismo tiempo para una subdivisión de esa zona.

^o OPPEL, A., 1856-1858, Die Juraformation Englands, Frankreichs und des Südwestlichen Deutschlands: Stuttgart, p. 3.

ARTÍCULO 25. Los nombres de las unidades bioestratigráficas deben cambiarse para concordar con los cambios en nombres de las unidades taxonómicas requeridos por las reglas internacionales de la nomenclatura biológica.

Observación. (a) Razón del cambio. Los nombres de las unidades bioestratigráficas deben modificarse siempre que el nombre de la unidad taxonómica cambie, para estar de acuerdo con las reglas internacionales de nomenclatura; de otro modo, la parte biológica del nombre bioestratigráfico estaría en desacuerdo con el nombre reconocido por los paleozoólogos y paleobotánicos. Hasta que sea bien conocido el nombre cambiado de la unidad taxonómica, es conveniente citar ambos nombres, el viejo y el nuevo; por ejemplo, Hemerozona Concurrente *Hyracotherium* (“*Eohippus*”), Hemerozona *Merycooidodon* (“*Oreodon*”).

UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS

NATURALEZA DE UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 26. Una unidad cronoestratigráfica es una subdivisión de las rocas considerada solo como un testimonio de un intervalo específico de tiempo geológico.

Observaciones. (a) Definición. Las unidades cronoestratigráficas dependen fundamentalmente para su definición de secciones o secuencias reales de roca, y sin estos prototipos no tendrían significación. Son unidades materiales. Cada una es el registro de un intervalo de tiempo que abarcó desde el principio hasta el final de su depósito o intrusión. En la práctica, la amplitud de una unidad cronoestratigráfica en su sección-tipo o área-tipo, generalmente se hace coincidir con la de alguna otra clase de unidad estratigráfica, tal como una unidad bioestratigráfica o una unidad litoestratigráfica, que de este modo sirve como una referencia objetiva. Como las unidades cronoestratigráficas dependen para su definición de secciones reales de roca, debe tenerse cuidado de definir las unidades geocronológicas en términos de las unidades cronoestratigráficas y no viceversa.

(b) Propósitos principales. Se cumplen dos propósitos principales por medio de la clasificación cronoestratigráfica: (i) correlacionar las rocas en una sección o área con aquellas de otras basándose en la equivalencia de edad o en la contemporaneidad de origen, y (ii) colocar a las rocas de la corteza terrestre en una secuencia geocronológica sistemática, para indicar su posición y edad relativas con respecto a la historia de toda la Tierra.

ARTÍCULO 27. Los límites de las unidades cronoestratigráficas en la localidad o área-tipo son definidos por criterios objetivos.

Observaciones. (a) Definición. Los límites superior e inferior de todas las unidades cronoestratigráficas deben ser definidos en la sucesión litológica

en una sección-tipo dentro del área-tipo, con objeto de suministrar un prototipo de la unidad. En el área-tipo, los límites pueden basarse en cualesquiera rasgos que se consideren estratigráficamente útiles o pueden ser designados arbitrariamente. Preferentemente, deben destacar a la unidad como representando un episodio geológico significativo. También de preferencia, los límites deben coincidir con horizontes en la sección-tipo, tales como límites de formaciones o de zonas bioestratigráficas. Mientras mejor puedan extenderse lateralmente estos criterios objetivos como guías para colocar a las rocas en el tiempo, mayor será la extensión geográfica del área en la cual la unidad puede identificarse con precisión. Los límites de las unidades cronoestratigráficas en lugares distintos al área-tipo pueden caer dentro de las unidades litoestratigráficas o bioestratigráficas.

(b) **Límites históricos.** Los límites de muchas de las antiguas unidades cronoestratigráficas fueron seleccionados para que coincidieran con hiatos en la sucesión litológica; otros estaban basados en cambios litológicos. Además, Lyell usó las proporciones relativas de formas vivientes entre las especies fósiles para clasificar las rocas cenozoicas en unidades cronoestratigráficas.

ARTÍCULO 28. La extensión geográfica de una unidad cronoestratigráfica desde su sección o área-tipo, solo puede llevarse a cabo en tanto que persistan los criterios de equivalencia de tiempo y, además, solamente dentro de los límites de precisión impuestos por los criterios físicos (incluyendo los isotópicos) o los paleontológicos.

Observaciones. (a) **Criterios físicos.** Los criterios basados en características físicas son generalmente los más útiles y a menudo los más precisos en la cronocorrelación local, pero muy rara vez o nunca superan a los criterios paleontológicos en la correlación mundial. Muchos criterios físicos pueden ser útiles; por ejemplo, isótopos, productos de radioactividad, similitud litológica, paleomagnetismo, termoluminiscencia, relación a los estratos adyacentes, relación a las discordancias y a las intrusiones.

(b) **Criterios paleontológicos.** Los criterios paleontológicos pueden ser tan útiles y precisos como los físicos para la cronocorrelación local y en virtud de la evolución orgánica progresiva, continúan siendo los medios más satisfactorios de correlación mundial de todos los rangos de las unidades cronoestratigráficas fanerozoicas.

(c) **Límites ideales.** Idealmente los límites de las unidades cronoestratigráficas, al extenderse geográficamente desde la sección-tipo, son superficies isócronas representando en todas partes un mismo horizonte de tiempo; de este modo, estos límites son idealmente independientes de la litología, del contenido de fósiles o de cualesquiera otras bases materiales de división estratigráfica. En la práctica, la extensión geográfica de una unidad cronoestratigráfica está influenciada y generalmente regida por rasgos estratigráficos.

(d) **Radiometría e isótopos.** Las determinaciones de edad por medio de cocientes isotópicos son útiles en la correlación cronoestratigráfica. Los métodos radiométricos e isotópicos son aplicables a las rocas sedimentarias que contengan un mineral autigénico apropiado, o sea un mineral formado en el

mismo lugar. El método de radiocarbono es aplicable a las rocas cuaternarias que contienen carbono en forma apropiada. Los métodos de isótopos son aplicables a las rocas ígneas que contienen un mineral primario apropiado en el cual el cociente normal de los productos de desintegración no ha sido alterado por contaminación, metamorfismo u otros procesos. De este modo, algunas unidades cronoestratigráficas de rocas sedimentarias o ígneas pueden extenderse aproximadamente desde sus localidades-tipo.

(e) **Métodos indirectos radiométricos e isotópicos.** La radiometría y el estudio de isótopos pueden emplearse también donde la roca y el mineral fechado no sean contemporáneos; así, conjuntos de roca volcánica y roca sedimentaria no volcánica pueden ser colocados dentro de límites de edad máxima y mínima. Las edades máxima y mínima de un conjunto pueden determinarse con respecto a: (i) vetas, fallas, rocas intrusivas y otros rasgos atravesados; (ii) metamorfismo preponderante; (iii) minerales detríticos dentro de la roca, y (iv) rocas ígneas y metamórficas debajo de una discordancia. De este modo puede ser posible agrupar cuerpos de roca separados, no necesariamente de la misma edad, en unidades cronoestratigráficas mayores.

(f) **Divisiones precámbricas.** Debido a las dificultades de correlación interregional, aún no es posible dividir las rocas precámbricas de Norteamérica en unidades cronoestratigráficas ampliamente aplicables. Varios investigadores prefieren limitar la clasificación y nomenclatura del Precámbrico a unidades litoestratigráficas. Otros abogan porque se usen las divisiones cronoestratigráficas principales en un sentido relativo, para una región particular (Precámbrico Inferior, Precámbrico Superior). Mas algunos han extendido tales términos destinados a uso local, a grandes áreas como unidades cronoestratigráficas principales (Precámbrico Inferior, Medio y Superior); y aún otros han definido unidades cronoestratigráficas principales en una localidad-tipo y han tratado de extenderlas geográficamente, basando sus correlaciones en similitud litológica, similitud estructural, comparación de secuencias, y relaciones con estratos adyacentes, discordancias e intrusiones (Arqueozoico, Proterozoico). Nuevas unidades cronoestratigráficas precámbricas deben introducirse solamente cuando sean útiles para la cronoestratigrafía interregional y para la geocronología.

RANGOS DE UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 29. El sistema es la unidad fundamental de la clasificación cronoestratigráfica mundial de las rocas fanerozoicas.

Observaciones. (a) Definición y extensión. Las bases para la definición original de los sistemas geológicos generalmente adoptados son notablemente variadas y fortuitas. La definición de cualquier unidad cronoestratigráfica debe depender propiamente de una clara designación original de una secuencia-tipo de rocas. Esto no ha sido cierto de las definiciones originales de ninguno de los sistemas reconocidos. Casi todos los sistemas empezaron más bien como unidades locales y muchos de ellos han sido extendidos más o menos satisfactoriamente en todo el mundo bajo una base cronoestratigráfica, primordialmente por su contenido de fósiles. Han sido revisados y suplementados por trabajos en las áreas-tipo y en otras partes. Como resultado de ello, las rocas

incluidas en los diversos sistemas actualmente reconocidos, están solo parcial y aun indirectamente relacionadas con las secciones designadas originalmente.

(b) **Sistemas precámbricos.** En el Precámbrico los sistemas tienen aún solo un significado local. No han sido colocados en una sucesión ordenada ampliamente aceptada y no sirven como unidades fundamentales para la clasificación cronoestratigráfica.

(c) **Subsistema.** Algunos sistemas establecidos en Europa han sido posteriormente divididos en partes en otros lugares, para cada una de las cuales se ha pretendido reconocerle el rango de sistema. Como solución a algunas de las dificultades resultantes en la nomenclatura, el término “subsistema” se ha propuesto para estas partes.

ARTÍCULO 30. Serie es la unidad cronoestratigráfica que sigue a sistema en rango.

Observaciones. (a) Definición. La base para la definición de una serie debe ser una secuencia estratigráfica claramente designada en una área-tipo, pero muchas de estas unidades han venido a ser adoptadas en forma muy general sin indicación explícita de sus límites.

(b) **Extensión.** La serie puede constituir una unidad principal en la nocorrelación dentro de una provincia, entre provincias o entre continentes. Algunas son reconocidas como unidades cronoestratigráficas mundiales; otras son solo provinciales.

(c) **Roca intrusiva.** El término “serie” no está restringido a las rocas estratificadas, sino que puede aplicarse a las rocas intrusivas en el mismo sentido cronoestratigráfico.

(d) **Mal uso del término “serie”.** En terminología estratigráfica “serie” no debe ser aplicada a unidades litoestratigráficas (Véase artículo 9f).

ARTÍCULO 31. Piso es la unidad cronoestratigráfica que sigue a serie en rango.

Observaciones. (a) Uso de piso. El piso es una unidad importante de trabajo en la correlación y clasificación cronoestratigráficas. Comúnmente está basado en una sucesión de zonas bioestratigráficas; las zonas pueden diferir en diferentes áreas geográficas. Los pisos a menudo son empleados para relacionar varias clases de unidades estratigráficas menores en una sección geológica o área con las de otra, con respecto a tiempo de origen.

(b) **Mal uso del término “piso”.** Los términos “piso” y “subpiso” fueron autorizados por las subdivisiones climáticas del Período Cuaternario por el Código de 1933. Este uso ha traído confusión y es aquí específicamente rechazado. “Piso” y “subpiso” son términos cronoestratigráficos y deben ser usados para las rocas cuaternarias como para otras partes de la columna.

NOMENCLATURA DE UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 32. A la unidad cronoestratigráfica formal se le da un nombre binomio y debe ir con mayúscula la letra inicial de ambos términos.

Observaciones. (a) Nombres de sistemas. Los nombres existentes generalmente aceptados para los sistemas tienen diversos orígenes y tienen también diversas terminaciones; por ejemplo, Cámbrico, Carbonífero, Terciario.

(b) Nombres de series. Las series son comúnmente conocidas ya sea por nombres geográficos, como por ejemplo, Serie Waucobiana, Serie Niagarana, o por los nombres de los sistemas que las abarcan, modificados por los adjetivos Superior, Media e Inferior, con la letra inicial mayúscula, como por ejemplo, Serie Cretácica Inferior, Serie Devónica Media. En general un nombre geográfico es preferible porque puede ser ligado a una área-tipo. Para los nombres de origen geográfico las terminaciones adjetivales **-ana** o **-iana** han sido ampliamente usadas, como Serie Cincinatiana, pero es permisible emplear el nombre geográfico sin ninguna terminación especial, como por ejemplo, Serie Cincinati.

(c) Nombres de pisos. La gran mayoría de los nombres de pisos ya en uso se han basado en unidades litoestratigráficas (grupos, formaciones, miembros) y llevan los nombres de tales unidades, como por ejemplo, Piso Chemung, Piso Maestrichtiano, Piso Claiborne. Preferentemente un piso debería llevar un nombre geográfico no usado previamente en la nomenclatura estratigráfica, como por ejemplo, Piso Refugiano. (En México se ha hecho uso de la nomenclatura europea y del sur de Texas para los pisos del Mesozoico, tomando como base una sucesión de zonas bioestratigráficas, lo cual está de acuerdo con el artículo 31a y debe continuarse).

(d) Nombres nuevos. Los nombres geográficos propuestos para nuevas unidades cronoestratigráficas no deben duplicar los empleados para unidades bioestratigráficas. Además, dos nombres no deben derivarse del mismo lugar, como por ejemplo, los nombres de piso Batoniano y Batiano. Esta última variante debe considerarse como un homónimo “nacido muerto”.

ARTÍCULO 33. La duda en la asignación de rocas a unidades cronoestratigráficas debe hacerse explícita si los criterios de equivalencia de tiempo son inconclusos o faltan (véase artículo 28).

Observación. (a) Expresión de la duda. La duda puede expresarse en varias formas: (i) Si el cotejo de las pruebas parece favorecer la asignación a una edad, la roca puede ser asignada a una unidad cronoestratigráfica específica con la duda expresada por un signo de interrogación o por las palabras “probablemente” o “posiblemente”; (ii) Si la evidencia sugiere una posición que atraviesa un límite cronoestratigráfico, la duda puede expresarse (con o sin signo de interrogación) uniendo los nombres de las dos unidades cronoestratigráficas con “o”, “y” o con un guión; (iii) Si la evidencia indica solamente un límite superior o inferior, la asignación debe estar indicada por el

prefijo **pre-** o **post-**, como por ejemplo, pre-Cretácico, post-Cámbrico; (iv) No es necesario hacer asignaciones cronoestratigráficas formales si falta evidencia de la equivalencia en edad con unidades establecidas.

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 34. Los requisitos para establecer una unidad cronoestratigráfica incluyen: (i) expresión de la intención de designar tal unidad; (ii) selección del nombre; (iii) definición de los límites de la unidad en el área-tipo, con referencia específica a secciones designadas; (iv) caracteres distintivos incluyendo fósiles, si los hay; (v) correlación y relaciones de edad, y (vi) publicación en un medio científico reconocido, como se especifica en el artículo 13.

Observación. (a) Nombres nulos. Denominar una unidad cronoestratigráfica con el simple hecho de añadir **-ano** o **-ense** al nombre de una unidad litoestratigráfica es impropio y no constituye una definición de una unidad cronoestratigráfica. Un nombre nuevo, así propuesto, debe considerarse nulo.

REVISION DE LA CLASIFICACION Y NOMENCLATURA CRONOESTRATIGRAFICAS

ARTÍCULO 35. La redefinición de una unidad cronoestratigráfica sin cambiar su nombre, es permisible, pero requiere tanta justificación como el establecimiento de una unidad nueva y exige un criterio conservador. La redefinición de un sistema requiere un acuerdo internacional.

Observación. (a) Secciones suplementarias. Si la definición de una unidad cronoestratigráfica es inadecuada, puede ser redefinida y revisada mediante referencias a secciones suplementarias (Véase artículo 34).

UNIDADES GEOCRONOLOGICAS

NATURALEZA DE UNIDADES GEOCRONOLOGICAS

ARTÍCULO 36. Las unidades geocronológicas son divisiones de tiempo para cuya distinción se toman como base los testimonios de las rocas, particularmente en la forma expresada por las unidades cronoestratigráficas. No son unidades materiales.

Observaciones. (a) Límites. Históricamente la definición de un período como unidad de tiempo geológico dependió de secciones escogidas en el área-tipo del sistema, que es la unidad cronoestratigráfica correspondiente. El período comprendió un intervalo de tiempo definido por el principio y el final del depósito del sistema. El definir rigurosamente a los períodos de esta manera es crear unidades de tiempo no denominadas entre períodos o, en otras palabras, interrupciones en el tiempo geológico formal. En trabajos posteriores se han encontrado secciones suplementarias en otras partes del mundo, que llenan parcial o totalmente los hiatos y, por común acuerdo, sus rocas han sido asignadas a uno u otro de los sistemas contiguos. Muchas de las interrupciones han sido esencialmente llenadas de esta manera. Actualmente es probable que el tiempo geológico formal, referido a las rocas existentes (tal como ahora se clasifican), es continuo o aun en parte duplicado. En la práctica la colocación de los límites de las unidades de tiempo es imprecisa, debido a la imperfección de la correlación.

(b) Validez de las unidades geocronológicas. Las unidades geocronológicas no tienen más validez que la de las unidades cronoestratigráficas en las cuales están basadas (Véanse Artículos 26, 27 y 28).

RANGOS DE UNIDADES GEOCRONOLOGICAS

ARTÍCULO 37. Los rangos de las unidades geocronológicas en orden de magnitud decreciente son: eón, era, período, época y edad.

Observaciones. (a) Período, época y edad. Un período se define como el tiempo durante el cual se depositó el sistema correspondiente. Las épocas están relacionadas en forma semejante con las series, y las edades (en sentido formal) con los pisos. Debido a que estas palabras, particularmente "edad", son empleadas a menudo informalmente, siempre que se usen formalmente junto con un nombre propio, deben ir con mayúscula como se indica en el artículo 38a.

(b) Era y eón. Las unidades cronoestratigráficas compuestas de sistemas combinados carecen de nombres formales generalmente aceptados, pero tres de tales combinaciones de sistemas son las bases cronoestratigráficas de las tres unidades geocronológicas denominadas Era Paleozoica, Era Mesozoica y Era Cenozoica. Estas tres combinaciones, a su vez, se combinan en una sola combinación de sistemas no denominada, la cual es la base cronoestratigráfica del Eón Fanerozoico. Debido a las dificultades para establecer una sucesión cronológica de períodos, las eras precámbricas pueden formarse independientemente.

NOMENCLATURA DE UNIDADES GEOCRONOLOGICAS

ARTÍCULO 38. Los nombres geográficos u otros usados para período, época y edad, son idénticos a los de las correspondientes unidades cronoestratigráficas; los nombres de eras y eones se forman independientemente.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
GEOLOGICO-MINERAS
BIBLIOTECA

Observaciones. (a) **Mayúsculas.** Al denominar una unidad formal de tiempo geológico la letra inicial de cada término debe ser mayúscula, como Período Devónico (Véase artículo 37a).

(b) **Nombres de épocas.** Si el nombre de una serie consiste del nombre del sistema seguido por Inferior, Media o Superior, el nombre de la época correspondiente debe consistir del nombre del período seguido por Temprana, Media o Tardía; por ejemplo, Epoca Devónica Temprana.

(c) **Los intervalos de tiempo** representados por discordancias no deben recibir nombres formales. En general, las unidades estratigráficas precedentes o subsecuentes deben designarse por medio de los prefijos **pre-** y **post-**; por ejemplo, intervalo post-Laramie. Cuando se emplean tales nombres cómodos para intervalos de tiempo como “revolución larasiográficos” no forman parte de la nomenclatura estratigráfica formal. Análogamente, es permisible la denominación de intervalos de tiempo representados por ciclos de erosión que están expresados en las formas actuales del terreno, como por ejemplo, “ciclo de erosión Elk Valley”, pero tales nombres fisiográficos no forman parte de la nomenclatura estratigráfica formal. Generalmente es inconveniente emplear un mismo nombre geográfico, para un ciclo de erosión o una superficie de erosión y para una unidad litológica; por ejemplo, “ciclo de erosión Freemont” en Wyoming y “Caliza Freemont” en Colorado.

UNIDADES GEOCLIMATICAS

(PARA SER EMPLEADAS EN EL CUATERNARIO)

ARTÍCULO 39. Una unidad geoclimática es un episodio climático distribuido ampliamente, inferido y definido a partir de una subdivisión de rocas cuaternarias.

Observaciones. (a) **Difiere de las unidades geocronológicas.** Una unidad geoclimática es definida a partir de sus testimonios, los cuales son cuerpos de roca, de suelo y de materia orgánica. En un lugar determinado se definen los límites de tiempo de la unidad geoclimática por los límites de alguna clase de unidad estratigráfica. Estos límites estratigráficos locales pueden ser superficies isócronas, pero no es probable que los diferentes límites estratigráficos que definen los límites de la unidad geoclimática en diferentes latitudes sean isócronos. En este aspecto las unidades geoclimáticas difieren de las geocronológicas, que están basadas en unidades cronoestratigráficas. La localidad donde se define por primera vez la unidad geoclimática es su localidad-tipo.

(b) **Propósitos principales.** Las unidades geoclimáticas se usan: (i) en la correlación de episodios de depósito de rocas cuaternarias en diferentes áreas y (ii) en la determinación de la secuencia histórica de eventos en el Período Cuaternario.

(c) **Extensión.** Las unidades geoclimáticas pueden ser extendidas geográficamente tan lejos como puedan identificarse los testimonios del clima geológico, sin tomar en cuenta los cambios de facie en las rocas, suelos y otros materiales que constituyan el testimonio.

ARTÍCULO 40. La glaciación e interglaciación son unidades fundamentales de la clasificación geoclimática; estadio e interestadio son subdivisiones de una glaciación.

Observaciones. (a) Definiciones. (i) Una glaciación fue un episodio climático durante el cual se desarrollaron extensos glaciares, alcanzando una extensión máxima y retrocediendo; (ii) Una interglaciación fue un episodio durante el cual el clima fue incompatible con la extensión amplia de glaciares que caracterizó una glaciación; (iii) Un estadio fue un episodio climático dentro de una glaciación durante el cual tuvo lugar un avance secundario de glaciares; (iv) Un interestadio fue un episodio climático dentro de una glaciación durante el cual tuvo lugar una recesión secundaria o un estado estacionario de los glaciares.

(b) Nomenclatura. Los nombres formales para las unidades geoclimáticas deben escogerse de acuerdo con las reglas (véase artículo 13), que rigen para la denominación de las unidades litoestratigráficas. Una unidad geoclimática puede tomar su nombre de una unidad litoestratigráfica, de una unidad edafoestratigráfica o de alguna otra unidad estratigráfica geográficamente denominada. En la localidad-tipo de la unidad geoclimática el testimonio de sus principales características climáticas debe ser claro y la evidencia de un cambio climático en los límites superior e inferior debe ser manifiesta.

PROCEDIMIENTO PARA REFORMAS

ARTÍCULO 41. Las adiciones o reformas a este Código pueden ser propuestas por escrito a la Comisión por cualquier geólogo en cualquier tiempo. Si se acepta considerarlas por voto mayoritario de la Comisión, podrán ser adoptadas por el voto de los dos tercios de la Comisión en una reunión anual, a no menos de un año después de la publicación de la propuesta.

INDICE ALFABETICO

Los números arábigos se refieren a los artículos; las letras minúsculas negritas se refieren a las Observaciones. Así, 13 e se refiere a la Observación e del artículo 13; n 1 se refiere a la Nota 1.

A

- Abandonados, nombres: 17.
Aceitifera, arenisca: 4 f, 8 a, 10 g.
Acme, zona de: 20 g.
Acuíferos: 4 f.
Adventicios, fósiles: 19 c.
Afloramientos desvanecientes: 13 i.
Alcance de la hemerazona: 22 f.
Alcance del término "zona": 20 c.
Algas, arrecife de: 4 c.
Ambiente de depósito: 19 d, 20 b.
Ambigüedad del término no modificado "zona": 24 a.
American Association of Petroleum Geologists: 1, n 1.
American Commission on Stratigraphic Nomenclature: 1, n 2.
Anticuados, nombres: 17 a.
Aplicación de hemerazona: 22 d.
Apogeo, zona de: 20 g.
Sinónimos: 20 g.
Area-tipo: 13, 26 a, 27, 27 a, 28, 29 a, 30 a, 36 a.
Arenisca aceitifera: 4 f, 8 a, 10 g.
Arenisca con abundantes ostras: 4 c.
Arkell, W. J.: 22 h.
Arqueozoico: 28 f.
Arrecife de algas: 4 c.
Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros: 1, n 1.
Association of American State Geologists: 1 n 1.
Autóctonos, fósiles: 19 b c.
Avance de glaciares: 40 a.

B

- Batolito: 10 i.
Biochrón: 22 h.
Bioestratigráficas, nomenclatura de unidades: 24, 25.
Ambigüedad del término "zona" no modificado: 24 a.
Cambio de nombres: 25, 25 a.
Duplicación de nombres: 24 e.
Mayúsculas: 24 b.
Nombre de una zona, subzona o zónula: 24.
Nombre generico: 24 c.
Nombres formal e informal: 24 d.
Bioestratigráficas, unidades: 19.
Conjunto, zona de: 21.
Contemporaneidad de la roca y los fósiles contenidos: 19 b.
Definición: 19.
Fósiles "colados": 19 d.
Fósiles retrabajados: 19 c.
Hemerazona: 22.
Hemerazona concurrente: 23.

- Relación con unidades cronoestratigráficas: 19 f.
 Relación con unidades litoestratigráficas: 19 e.
 Restos fósiles: 19 a.
 Revisión: 25, 25 a.
- Significado ecológico y evolucionario: 19 g.
 Zona, definición de: 20, 20 a.
 Biozona: 19 e, 21 d, 22 h.
 Buckman, S.S.: 21 d, 22 h.

C

- Calcirudita: 10 c.
 Cambios:
 Designación litológica: 15, 15 a.
 Formaciones constituyentes de grupo: 9 b.
 Nombres de unidades bioestratigráficas: 25, 25 a.
 Rango de grupo: 9 c, 14 b.
 Rango de unidad litoestratigráfica: 9 c, 16, 16 a.
 Cantera, lechos de: 4 f.
 Capa: 8.
 Carbonosa: 4 f, 8 a, 10 g h.
 Categoría informal: 8 a.
 —Clave: 8 b.
 —Índice: 8 b.
 Capas-clave usadas para límites: 5 b.
 Características litológicas de una formación: 6 b.
 Carbonosa, capa: 4 f, 8 a, 10 g h.
 Carbono: 28 d.
 Cartografiabilidad: 6, 6 d, 7 b.
 Cartografía de miembros: 7 b.
 Categorías de unidades estratigráficas: 2.
 Ciclos de erosión: 38 c.
 Ciclotemas: 4 h, 10 h.
 —Clave, capa: 8 b.
 Climático, episodio: 40 a.
 Código:
 De 1933: 3, 31 b.
 Propósito del actual: 1.
 “Colados”, fósiles: 19 d.
 Combinación de términos litológicos en un nombre: 10, 10 c.
 Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica: 1, n 2.
 Comité de nombres geológicos:
 Instituto de Geología, México: 3.
 United States Geological Survey: 3.
- Comité de Nomenclatura Estratigráfica:
 De 1933: 3.
 Geological Survey of Canada: 3.
 Compañías privadas, informes de: 13 c.
 Compendios de nombres geológicos: 3.
 Complejo: 6 j.
 Componente geográfico de un nombre litoestratigráfico: 12.
 Cambio en el nombre de un rasgo geográfico: 12 b.
 Desaparición de un rasgo geográfico: 12 c.
 Diferencia en la ortografía de un nombre geográfico: 12 a.
 Nombres en diferentes países e idiomas: 12 d.
 Composición química: 6 b.
 Conjunto de fósiles: 19 f, 20 g, 21, 22 c, 23.
 Conjunto, zona de:
 Definición: 21.
 Denominación: 21 b.
 Ejemplo: 21 c.
 Fósiles-guía: 21 e.
 Historia: 21 d.
 Naturaleza: 21 a.
 Conservación de nombres bien establecidos: 11 b.
 Contenido de una formación: 6 a.
 Coquina: 4 c.
 Correlación del tiempo: 19 f, 22 d e, 23 a, 26 b, 27 a, 28, 30 b, 33.
 Correlación interregional: 28 f.
 Cronoestratigráficas, extensión geográfica de unidades:
 Criterios físicos: 28 a.
 Criterios paleontológicos: 28 b.
 Divisiones precámbricas: 28 f.
 Límites ideales: 28 c.

- Métodos indirectos radiométricos e isotópicos: 28 e.
Radiometría e isótopos: 28 d.
Cronoestratigráficas, interrupciones: 6 c.
Cronoestratigráficas, nomenclatura de unidades:
 Denominación de unidades formales: 32.
 Duda en la asignación de edad: 33.
 Nombres de pisos: 32 c.
 Nombres de series: 32 b.
 Nombres de sistemas: 32 a.
 Nombres nuevos: 32 d.
 Nombres nulos: 34 a.
Cronoestratigráficas, rangos de unidades:
 Piso: 31.
 Serie: 30.
 Sistema: 29.
- Cronoestratigráficas, unidades: 1, 2, 26.
Definición: 26 a.
Duda al asignar rocas: 33.
Establecimiento de: 34, 34 a.
Extensión geográfica: 28.
Límites: 27, 28 c.
Límites históricos: 27 b.
Propósitos principales: 26 b.
Rangos: 29, 30, 31.
Relación entre unidades bioestratigráficas y cronoeestratigráficas: 19 f.
Revisión y redefinición: 35.
Secciones suplementarias: 35 a.
Cronológicas, límites de unidades: 36 a.
Cuaternarias:
 Rocas: 28 d, 31 b, 39.
 Unidades geoclimáticas: 39.
Cuaternario, Período: 31 b, 39 a.

D

- Depósito, ambiente de: 19 d, 20 b.
Depósitos de muestras de canal y fósiles: 13 b.
Depósitos superficiales: 4 e, 18.
Designación de miembros: 7 a.
Designación litológica, cambio en la: 15, 15 a.
Desintegración, productos de: 28 d.
Deslizamiento paulatino (creep), 5 a.
Detríticos, minerales: 28 e.
Diferencia en la ortografía de un nombre geográfico: 12 a.
- Diferencia entre unidades edafoestratigráficas y litoestratigráficas: 18 a.
Dique: 10 i.
Discordancia: 5 d, 19 d, 28 a f.
 Oscura: 5 d.
Disertaciones: 13 c.
Divisiones precámbricas: 28 f.
Duda al asignar rocas a unidades cronoeestratigráficas: 33.
Duplicación de nombres: 11 c, 24 e.

E

- Ecología: 18 a, 19 d f g, 21 a.
Edad:
 Definición: 37 a.
 Uso de mayúscula con el término: 38 a.
Edafoestratigráficas, unidades:
 Definición: 18.
 Difieren de unidades edafológicas: 18 b.
- Difieren de unidades litoestratigráficas: 18 a.
Nombre: 18 e.
Rango: 18 d.
Requisitos para su categoría formal: 18 c.
Edafológicas, unidades: 18, 18 b.
Nomenclatura de: 18 e.
Eléctricos, registros: 6 b, 5 c, 13 b.

- Eón: 37 b.
 Fanerozoico: 19 a, 28 b, 37 b.
 Epibole: 20 g.
 Episodio:
 Climático: 40 a.
 Geológico: 27 a, 39, 40 a.
 Epoca: 37 a.
 Era: 37 b.
 Eras precámbricas: 37 b.
 Erosión:
 Ciclos de: 38 c.
 Superficie de: 38 c.
 Eruptiva, roca: 9 f.
 Escala: 6 d, 13 b.
 Geocronológica: 19 a, 22 d, 26 b.
 Espesor de una formación: 6 e.
 Esquistosa, estructura: 6 b.
 Estadio: 40.
 Estado estacionario de glaciares: 40 a.
 Estratificación cruzada: 6 b.
 Estratigráficas, categorías de unidades: 2.
 Estructura:
 Esquistosa: 6 b.
 Gnéisica: 6 b.
 Evolución: 19 g, 21 a, 28 b.
 Irreversible: 19 g.
 Expresión morfológica de una unidad estratigráfica: 13 a.
 Extensión geográfica de unidades cro-
 noestratigráficas:
 Criterios físicos: 28 a.
 Criterios paleontológicos: 28 b.
 Divisiones precámbricas: 28 f.
 Límites ideales: 28 c.
 Métodos indirectos radiométricos e
 isotópicos: 28 e.
 Radiometría e isótopos: 28 d.
 Extrusiva, roca: 6 f.

F

- Facies: 5 e, 19 g, 21 a d, 22 g.
 Fallas: 28 e.
 Zona de: 20 a.
 Fanerozoico, eón: 19 a, 28 b, 37 b.
 Faunizona. 21 d.
 Ferrífera, formación: 10 c.
 Florizona: 21 d.
 Forma de publicación: 13 c.
 Formación: 6.
 Características litológicas distin-
 tivas: 6 b.
 Cartografiabilidad: 6 d.
 Complejo: 6 j.
 Contenido: 6 a.
 Espesor: 6 e.
 Nombre: 10 e.
 Roca ígnea extrusiva: 6 f.
 Roca ígnea intrusiva: 6 h.
 Roca metamórfica: 6 i.
 Roca sedimentaria: 6 f.
 Roca volcánica: 6 g.
 Unidad fundamental: 6 c.
 Formaciones delgadas: 6 e.
 Formación ferrífera: 10 c.
 Formales, nombres: 3, 7 a, 18 e, 24,
 37 a b, 38 a c, 40 b.
 Formales, unidades: 3, 5, 7 a, 13, 18 c,
 20 a, 23 b, 24 d, 37 a, 38 a.
 Fósiles:
 Adventicios: 19 c.
 Autóctonos: 19 b c.
 "Colados": 19 d.
 Conjunto de: 19 f, 20 g, 21, 22 c,
 23.
 —Guía: 21 e.
 Restos de: 19 a.
 Retrabajados: 19 c.
 Fundamental, unidad: 6 c.
 Fuentes de sedimento: 10 a, 6 c.

G

- Genérico, nombre: 24 c.
 Geoclimáticas, unidades: 39.
 Cuaternarias: 39.
 Definición: 39 a.
 Estadio e interestadio: 40 a.
 Extensión: 39 c.
 Glaciación e interglaciación: 40 a.
 Nomenclatura: 40 b.
 Propósitos principales: 39 b.
 Geocronológica, escala: 19 a, 22 d, 26 b.
 Geocronológicas, nomenclatura de unidades: 38.
 Intervalos de tiempo: 38 c.
 Mayúsculas: 38 a.
 Nombres de épocas: 38 b.
 Geocronológicas, rangos de unidades: 37.
 Era y eón: 37 b.
 Período, época y edad: 37 a.
 Geocronológicas, unidades: 36.
 Definición: 36.
 Límites: 36 a.
 Nomenclatura: 38.
 Rangos: 37.
 Validez: 36 b.
 Geográfica, extensión de unidades cronoestratigráficas:
 Criterios físicos: 28 a.
 Criterios paleontológicos: 28 b.
 Divisiones precámbricas: 28 f.
 Límites ideales: 28 c.
 Métodos indirectos radiométricos e isotópicos: 28 e.
 Radiometría e isótopos: 28 d.
 Geográfico, nombre:
 Cambio en el nombre del rasgo geográfico de origen: 12 b.
 Componente del nombre litoestratigráfico: 12.
 Desaparición del rasgo geográfico: 12 c.
 Diferencia en la ortografía del: 12 a.
 Diferente para la unidad y sus partes: 16 d.
 En diferentes países e idiomas: 12 d.
 Origen del: 10 a.
 Geological Society of America: 1.
 Geological Survey of Canada: 1.
 Comité de Nomenclatura Estratigráfica: 3.
 Geoquímicas, técnicas: 5 c.
 Glaciación: 40.
 Glaciares: 40.
 Avance de: 40 a.
 Estado estacionario de: 40 a.
 Recesión de: 40 a.
 Gnéisica, estructura: 6 b.
 Grietas en el lodo: 6 b.
 Grupo: 9.
 Cambio en el rango: 9 c, 14 b.
 Cambio en las formaciones constituyentes: 9 b.
 Mal uso de "serie" para grupo o supergrupo: 9 f.
 Nombre: 10 d.
 Subgrupo: 9 d.
 Uso y composición: 9 a.
 —Guía:
 Fósiles: 21 e.
 Libretos: 13 e.

H

- Hemerozona: 19 e, 22.
 Alcance: 22 f.
 Aplicación: 22 d.
 Concurrente: 23.
 Definición: 22.
 Ejemplo: 22 c.
 Extensión: 22 b.
 Hemerozona local: 22 g.
 Naturaleza: 22 a.
 Sinónimos: 22 h.
 Valor temporal: 22 e.
 Hemerozona concurrente:

- Definición: 23.
 Ejemplo: 23 c.
 Historia: 23 b.
 Naturaleza: 23 a.
 Hiato: 27 b, 36 a.
 Historia:
 De la zona de conjunto: 21 d.
 Geológica: 18 c, 4 a, 26 b.
- Homogeneidad litológica: 5b, 6 a c.
 Homotaxis: 2 a, 4 b.
 Homónimo: 32 d.
 Horizonte-índice: 5 c.
 Horizontes del tiempo: 4 d, 18 c, 28 d e.
 Huxley, T. H.: 2 a, 3 f n.

I

- Igneas, rocas: 1, 6 b f h, 10 i, 28 d e.
 —Índice, capa: 8 b.
 Horizonte: 5 c.
 Informales:
 Nombres: 3, 4 g, 10 g h, 8, 13 c, 18 e, 24 d, 37 a.
 Unidades: 3, 4 f g i, 5 c, 8 a, 10 h, 24 d.
 Informes de compañías privadas: 13 c.
 Innominados, miembros: 7 a.
 Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México: 1.
 Intemperismo: 18 a, 19.
 Interdigitación: 5 e.
 Interestadio: 40.
- Interglaciación: 40.
 Intertransición: 5 e.
 Intervalos del tiempo: 6 c, 26, 36 a, 38 c.
 Interregional, correlación: 28 f.
 Interrupciones cronoestratigráficas: 6 c.
 Intrusiones: 28 a f.
 Intrusiva, roca: 6 h, 9 f, 10 i, 28 e, 30 c.
 Inundación, zona de: 20 g.
 Inválidos, nombres: 34 a.
 Isócronos, límites: 4 d, 28 c, 39 a.
 Isotópicos y radiométricos, métodos indirectos: 28 e.
 Isótopos: 28 d.

J

- Justificación para la redefinición: 14 a.

L

- Laramiana:
 Intervalo post-Laramie o post-laramiano: 38 c.
 Revolución: 38 c.
 Laterales, límites: 5 a c, 18 c.
 Lateralmente equivalentes, miembros: 7 a.
 Lechos de cantera: 4 f.
 Lengüeta: 7.
 Lenticula: 7.
 Letras: 13 c.
 Libretos-guía: 13 e.
 Límites:
 Arbitrarios: 5 e.
- Capas-clave usadas como: 5 b.
 De tiempo: 36 a, 39 a.
 De unidades cronoestratigráficas: 27, 28 c.
 De unidades cronológicas: 36 a.
 De unidades litoestratigráficas: 5, 13 a b, 14 a.
 En secuencias transicionales: 5 a.
 Históricos de unidades cronoestratigráficas: 27 b.
 Isócronos: 4 d, 28 c, 39 a.
 Laterales: 5 a c, 18 c.
 Mecánicamente definidos: 5 c.

- Litoestratigráficas, límites de unidades: 5, 13 a b, 14 a.
Cambios de facie: 5 e.
Capas-clave 5 b.
Definidos mecánicamente: 5 c.
Discordancia oscura: 5 d.
Secuencia transicional: 5 a.
- Litoestratigráficas, nomenclatura de unidades:
Constituyente geográfico del nombre: 12.
Denominación formal: 10.
Mal uso de nombre bien conocido: 10 k.
Mayúsculas: 10, 10.g.
Nombre de formación: 10 e.
Nombre de grupo: 10 d.
Nombre de miembro: 10 f.
Nombre geográfico, origen de: 10 a.
Omisión de parte del nombre: 10 b.
Prioridad, regla de: 11.
Roca ígnea intrusiva: 10 i.
Roca metamórfica: 10 j.
Subsuelo, unidades en el: 10 a, 13 b.
Términos litológicos: 10 c.
Uso informal de nombres geográficos idénticos: 10 h.
- Litoestratigráficas, procedimiento para establecer unidades: 13.
Mención casual del nombre es insuficiente: 13 d.
Publicación en resúmenes y libretos-guía: 13 e.
Publicación, forma de: 13 c.
Referencia, localidades de: 13 a i.
Referencias para nombres ya establecidos: 3, 13 f.
Relación entre los nombres en la superficie y en el subsuelo: 13 g.
Requisitos específicos: 13 a.
Sección-tipo: 13 a h.
- Litoestratigráficas, rangos de unidades:
Cambio en el rango, 9 c, 16, 16 a.
Capa: 8.
Formación: 6.
Grupo: 9.
- Miembro: 7.
Subgrupo: 9 d.
Supergrupo: 9 e.
- Litoestratigráficas, revisión de unidades:
Cambio en la designación litológica: 15, 15 a.
Cambio en rango: 16, 16 a.
Cambio en una misma área: 16 c.
Cambios de una área a otra: 16 b.
Justificación para la redefinición: 14 a.
Nombres abandonados: 17.
Nombres anticuados: 17 a.
Nombres geográficos diferentes para la unidad y sus partes: 16 d.
Referencia a nombres abandonados: 17 b.
Restricción inconveniente: 14 b.
- Litoestratigráficas, unidades: 4.
Acuíferos, arenas aceitíferas, capas carbonosas y lechos de cantera: 4 f.
Ciclotemas: 4 h.
Difieren de unidades edafoestratigráficas: 18 a.
Extensión geográfica: 4 b.
Forma en la superficie: 4 e.
Independencia de historia geológica inferida: 4 c.
Independencia de conceptos de tiempo: 4 d.
Naturaleza: 4.
Reconocimiento y definición: 4 a.
Restricción: 9 c, 14 b.
Sección-tipo y extensión: 4 b.
Suelo: 4 i.
Zona: 4 g.
- Litografía: 13 c.
Litología mixta: 5 e, 6 a.
Litológica, homogeneidad: 5 b, 6 a c.
Litológicas, características de una formación: 6 b.
Litológicos, términos: 10 c.
Local, hemerizona: 22 g.
Localidad-tipo: 10 a, 12 d, 13 i, 18 c, 27, 28 f, 39 a.
Localidades de referencia, 13 i, 23 a.
Lyell, Charles: 27 b.

M

- Mal uso:
 De nombre bien conocido: 10 k.
 De "serie" para grupo o supergrupo: 9 f, 30 d.
 Del término "piso": 31 b.
- Mallory, V. S.: 23 c.
- Mayúsculas, uso de:
 Unidades bioestratigráficas: 24 b.
 Unidades cronoestratigráficas: 32.
 Unidades geocronológicas: 38 a.
 Unidades litoestratigráficas: 10, 10 g.
- Mecánicos, registros: 5 c, 13 b.
- Medio, escrito con mayúscula: 38 a b.
- Metamorfismo: 28 d e.
- Metamórfica, zona: 4 g.
- Metasomáticas, rocas: 6 i, 10 j.
- Métodos indirectos, radiométricos e isotópicos: 28 e.
- Microfilm: 13 c.
- Miembros: 7.
 Cartografía de: 7 b.
 Designación de: 7 a.
 Innominados: 7 a.
 Lateralmente equivalentes: 7 a.
 Nombres de: 10 f.
 Subdivisión de: 7 c.
- Migración, tiempo de: 22 g.
- Mimeografía: 13 c.
- Minas: 13 b.
- Minerales:
 Detríticos: 28 e.
 Pesados: zona de: 4 g.
 Poco comunes: 6 b.
- Mineralizada, zona: 4 g, 10 g.
- Mineralógicas, técnicas: 5 c, 6 h.
- Muestras de canal y fósiles, depósitos de: 13 b.

N

- Nombres:
 Abandonados: 17, 17 b.
 Absurdos: 12 a.
 Antiguados: 17 a.
 Bien conocidos, mal uso de: 10 k.
 Bien establecidos, conservación de: 11 b.
 De mal gusto: 12 a.
 Duplicación de: 11 c, 24 e.
 En diferentes países e idiomas: 12 d.
 Formales: 3, 7 a, 18 e, 24, 37 a b, 38 a c, 40 b.
 Geográficos, diferencia en ortografía: 12 a.
 Geográficos, diferentes para la unidad y sus partes, 16 d.
 Geográficos, origen de: 10 a.
 Geológicos, compendios de: 3.
 Informales: 3, 4 g, 10 g h, 8, 18 c, 18 e, 24 d, 37 a.
 Inválidos o nulos: 34 a.
 Litoestratigráficos, componente geográfico de: 12.
- Nulos o inválidos: 34 a.
- Registros o compendios de nombres estratigráficos: 3, 13 f.
- Relación entre los de la superficie y del subsuelo: 13 g.
- Nomenclatura biológica, reglas de: 25.
- Nomenclatura científica, reglas de: 11 a, 25.
- Nomenclatura de unidades bioestratigráficas: 24, 25.
 Ambigüedad del término "zona" no modificado: 24 a.
 Cambio de nombres: 25, 25 a.
 Duplicación de nombres: 24 e.
 Mayúsculas: 24 b.
 Nombre de una zona, subzona o zónula: 24.
 Nombre genérico: 24 c.
 Nombres formal e informal: 24 d.
- Nomenclatura de unidades cronoestratigráficas:
 Denominación de unidades formales: 32.

- Duda en la asignación de edad: 33.
 Nombres de pisos: 32 c.
 Nombres de series: 32 b.
 Nombres de sistemas: 32 a.
 Nombres nuevos: 32 d.
- Nomenclatura de unidades edafoestratigráficas: 18 e.
- Nomenclatura de unidades geoclimáticas: 40 b.
- Nomenclatura de unidades geocronológicas: 38.
 Intervalos de tiempo: 38 c.
 Mayúsculas: 38 a.
 Nombres de épocas: 38 b.
- Nomenclatura de unidades litoestratigráficas:
 Constituyente geográfico del nombre: 12.
- Denominación formal: 10.
 Mal uso de nombre bien conocido: 10 k.
 Mayúsculas: 10, 10 g.
 Nombre de formación: 10 e.
 Nombre de grupo: 10 d.
 Nombre de miembro: 10 f.
 Nombre geográfico, origen de: 10 a.
 Omisión de parte del nombre: 10 b.
 Prioridad, regla de: 11.
 Roca ígnea intrusiva: 10 i.
 Roca metamórfica: 10 j.
 Subsuelo, unidades en el: 10 a, 13 b.
 Términos litológicos: 10 c.
 Uso informal de nombres geográficos idénticos: 10 h.
 Nulos, nombres: 34 a.

O

- Omisión de parte del nombre: 10 b.
 Opper A.: 23 b.
 Origen de nombre geográfico: 10 a.
- Origen, tiempo de: 26 a, 31 a.
 Ortocuarcita: 10 c.
 Ostras, arenisca con abundantes: 4 c.

P

- Paleomagnetismo: 28 a.
 Paleontológicos, criterios: 28.
 Pedernalosa, zona: 20 a.
 Período: 37 a.
 Cuaternario: 31 b, 39 a.
- Piso: 31.
 Mal uso del término: 31 b.
 Refugiano: 32 c.
 Uso del término: 31 a.
- Plutón: 10 i.
 Pompeckj, J. F.: 22 h.
 Post-Laramie, intervalo: 38 c.
 Pozo-tipo: 13 b.
 Pozos, muestras de registros de: 13 b.
 Preámbulo: 1.
 Precámbrico:
 Divisiones del: 28 f.
 Eras del: 37 b.
 Sistemas del: 29 b.
- Prefijos pre- y post-: 18 e, 33 a, 38 c.
 Prioridad, regla de: 11.
 Conservación de nombre bien establecido: 11 b.
 Definición: 11 a.
 Duplicación de nombres: 11 c.
 Procedimiento para establecer unidades cronoestratigráficas: 34.
 Nombres inválidos o nulos: 34 a.
 Procedimiento para establecer unidades litoestratigráficas: 13.
 Mención casual del nombre es insuficiente: 13 d.
 Publicación en resúmenes y libretos-guía: 13 e.
 Publicación, forma de: 13 c.
 Referencia, localidades de: 13 a i.
 Referencias para nombres ya establecidos: 3, 13 f.

Relación entre los nombres en la superficie y los en el subsuelo: 13 g.	Productora, zona: 4 g.
Requisitos específicos: 13 a.	Productos de desintegración: 28 d.
Sección-tipo: 13 a h.	Propósito del código: 1.
Procedimiento para reformas: 41.	Proterozoico: 28 f.
	Provinciales, unidades: 30 b.
	Publicación, forma de: 13 c.

Q

Química, composición: 6 b.

R

Radioactividad: 6 b, 28 a d.	Localidades de : 13 i, 23 a.
Radiocarbono, método de: 28 d.	Sección de: 13 a.
Radiometría: 28 d e.	Reformas, procedimiento para: 41.
Radiométricos e isotópicos, métodos indirectos: 28 e.	Refugiano, Piso: 32 c.
Rangos de unidades cronoestratigráficas	Región-tipo: 13 i.
Piso: 31.	Registros:
Serie: 30.	De muestras de pozos: 13 b.
Sistema: 29.	De nombres estratigráficos: 3, 13 f.
Rangos de unidades geocronológicas: 37.	Eléctricos: 6 b, 5 c, 13 b.
Era y eón: 37 b.	Mecánicos: 5 c, 13 b.
Período, época y edad: 37 a.	Regla de prioridad: 11.
Rangos de unidades litoestratigráficas:	Conservación de nombre bien establecido: 11 b.
Capa: 8.	Definición: 11 a.
Formación: 6.	Duplicación de nombres: 11 c.
Grupo: 9.	Reglas:
Miembro: 7.	De nomenclatura biológica: 25.
Subgrupo: 9 d.	De nomenclatura científica: 11 a, 25.
Supergrupo: 9 e.	Internacionales de nomenclatura: 25.
Rasgo geográfico:	Relación entre:
Cambio del nombre del: 12 b.	Nombres en la superficie y en el subsuelo: 13 g.
Desaparición del: 12 c.	Unidades bioestratigráficas y cronoestratigráficas: 19 f.
Recesión de glaciares: 40 a.	Unidades bioestratigráficas y litoestratigráficas: 19 e.
Recomendaciones, no mandatorias: 1.	Restos fósiles: 19 a.
Reconocimiento de unidades litoestratigráficas: 4 a.	Restricción de la unidad litoestratigráfica: 9 c, 14 b..
Reconocimiento, trabajos de: 9 a.	Restricción inconveniente al redefinir unidades: 14 b.
Redefinición: 14.	Resúmenes: 13 e.
Justificación para la: 14 a.	
Restricción inconveniente en la: 14 b.	
Referencia:	
A nombres abandonados: 17 b.	

- Retrabajados, fósiles: 19 c.
 Revisión de unidades bioestratigráficas: 25.
 Razones para el cambio: 25 a.
 Revisión de unidades cronoestratigráficas:
 Redefinición de la unidad: 35.
 Secciones suplementarias: 35 a.
 Revisión de unidades litoestratigráficas:
 Cambio en la designación litológica: 15, 15 a.
 Cambio en rango: 16, 16 a.
 Cambio en una misma área: 16 c.
 Cambios de una área a otra: 16 b.
 Justificación para la redefinición: 14 a.
 Nombres abandonados: 17.
 Nombres anticuados: 17 a.
- Nombres geográficos diferentes para la unidad y sus partes: 16 d.
 Referencia a nombres abandonados: 17 b.
 Restricción inconveniente: 14 b.
 Revistas comerciales: 13 c.
 Revolución laramiana: 38 c.
 Rizaduras: 6 b.
 Rocas:
 Cuaternarias: 28 d, 31 b, 39.
 Eruptivas: 9 f.
 Extrusivas: 6 f.
 Intrusivas: 6 h, 9 f, 10 i, 38 e, 30 c.
 Igneas: 1, 6 b f h, 10 i, 28 d e.
 Metasomáticas: 6 i, 10 j.
 Sedimentarias: 6 f.
 Volcánicas: 6 g, 9 f, 28 e.

S

- Secciones:
 De referencia: 13 a.
 Suplementarias: 35 a.
 —Tipo: 4 b, 6 d, 13, 13 a h, 26 a, 27, 27 a, 28, 29 a.
- Secuencia:
 —Tipo: 29 a.
 Transicional, límite en: 5 a.
- Sedimentaria, roca: 6 f.
- Sedimento, fuentes de: 10 a, 6 c.
- Serie: 30.
 Definición: 30 a.
 Extensión: 30 b.
 Mal uso para grupo o supergrupo: 9 f, 30 d.
 Roca intrusiva: 30 c.
- Sinónimos:
 De acrozona: 20 g.
 De hemerozona: 22 h.
- Sísmicas propiedades: 6 b.
 Sistema: 29.
 Definición y extensión: 29 a.
 Precámbrico: 29 b.
 Subsistema: 29 c.
- Sociedad Geológica Mexicana: 1, n 1.
- Subdivisión de miembros: 7 c.
- Subgrupo: 9 d.
- Subsistema: 29 c.
- Subsuelo, unidades en el: 6 d, 10 a, 13 b g.
- Subzona: 20 e, 24.
- Suelo: 4 i, 18, 39 c.
- Sufijos **-ano**, **-iano** y **-ense**: 32 b, 34 a.
- Superficiales, depósitos: 4 e, 18.
- Superficie:
 De erosión: 38 c.
 Forma en la: 4 e.
- Suplementarias, secciones: 35 a.

T

- Tardío, escrito con mayúscula: 38 a b.
- Técnicas:
 Geoquímicas: 5 c.
 Mineralógicas: 5 c, 6 h.
- Teilzone, 22 g h.
- Temporal, valor de la hemerozona: 22 e.
- Temprano, escrito con mayúscula: 38 a b.
- Terminaciones adjetivas **-ana** y **-iana**: 32 b.

Términos litológicos, combinación en un nombre: 10, 10 c.	Area: 13, 26 a, 27, 27 a, 28, 29 a, 30 a, 36 a.
Termoluminiscencia: 28 a.	Localidad: 10 a, 12 d, 13 i, 18 c, 27, 28 f, 39 a.
Tesis: 13 c.	Pozo: 13 b.
Textura: 6 b h.	Región: 13 i.
Tiempo:	Sección: 4 b, 6 d, 13, 13 a h, 26 a, 27, 27 a, 28, 29 a.
Correlación de: 19 f, 22 d e, 23 a, 26 b, 27 a, 28, 30 b, 33.	Secuencia: 29 a.
De migración: 22 g.	Transición: 5e, 18 c.
De origen: 26 a, 31 a.	Transicional, límite en secuencia: 5 a.
Horizontes de: 4 d, 18 c, 28 d e.	Traslapantes, zonas: 20 c, 21 d, 22 d, 23.
Intervalos de: 6 c, 26, 36 a, 38 c.	Tronco intrusivo: 10 i.
Límites de: 26a, 39 a.	
—Tipo:	

U

Unidades:	Edafoestratigráficas: 18.
Formales: 3, 5, 7a, 13, 18 c, 20 a, 23 b, 24 d, 37 a, 38 a.	Geoclimáticas: 39 a.
Fundamentales: 6 c.	Geocronológicas: 36, 37.
Unidades, definición de:	Litoestratigráficas: 4 a.
Bioestratigráficas: 19.	United States Geological Survey: 3.
Cronoestratigráficas: 26 a.	Comité de Nombres Geológicos: 3.

V

Válida, publicación: 13 c d.	Valor temporal de la hemerizona: 22 e.
Validez de unidades geocronológicas: 36 b.	Vetas: 28 e.
	Volcánica, roca: 6 g, 9 f, 28 e.

W

Williams, H. S.: 22 h.

Z

Zona: 4 g, 24.	Alcance del término: 20 c.
Zona de conjunto:	Biozona: 19 e, 21 d, 22 h.
Definición: 21.	Clases de: 20 a.
Denominación: 21 b.	De acme: 20 g.
Ejemplo: 21 c.	De apogeo: 20 g.
Fósiles-guía, 21 e.	De conjunto: 22.
Historia: 21 d.	Definición de: 20, 20 a b.
Naturaleza: 21 a.	De inundación: 20 g.
Zonas bioestratigráficas: 20.	Dimensiones de: 20 d.

Epibole: 20 g.	De flujo: 20 a.
Faunizona: 21 d.	De minerales pesados: 4 g.
Florizona: 21 d.	De saturación: 20 a.
Hemerozona: 22.	Metamórficas: 4 g.
Hemerozona concurrente: 23.	Mineralizadas: 4 g, 10 g.
Subzona: 20 e.	Pedernalosas: 20 a.
Teilzone: 22 g h.	Productoras: 4 g.
Zónula: 20 f, 24.	Zonas traslapantes: 20 c, 21 d, 22 d,
Zonas no bioestratigráficas:	23.
Concrecionarias: 20 a.	Zónula: 20 f, 24.
De fallas: 20 a.	

Fig.6 COLUMNA ESTRATIGRAFICA TIPO DEL GRUPO GI

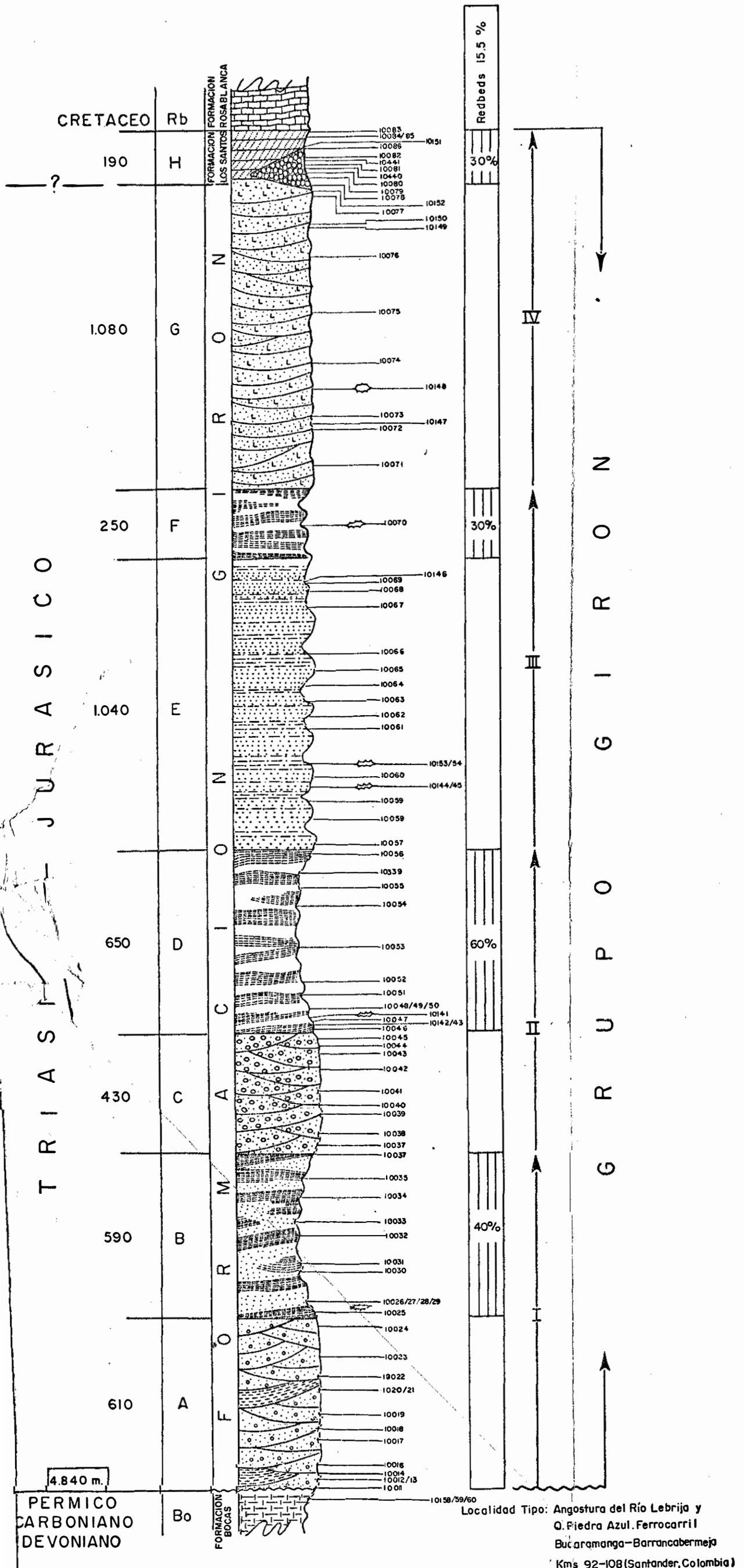
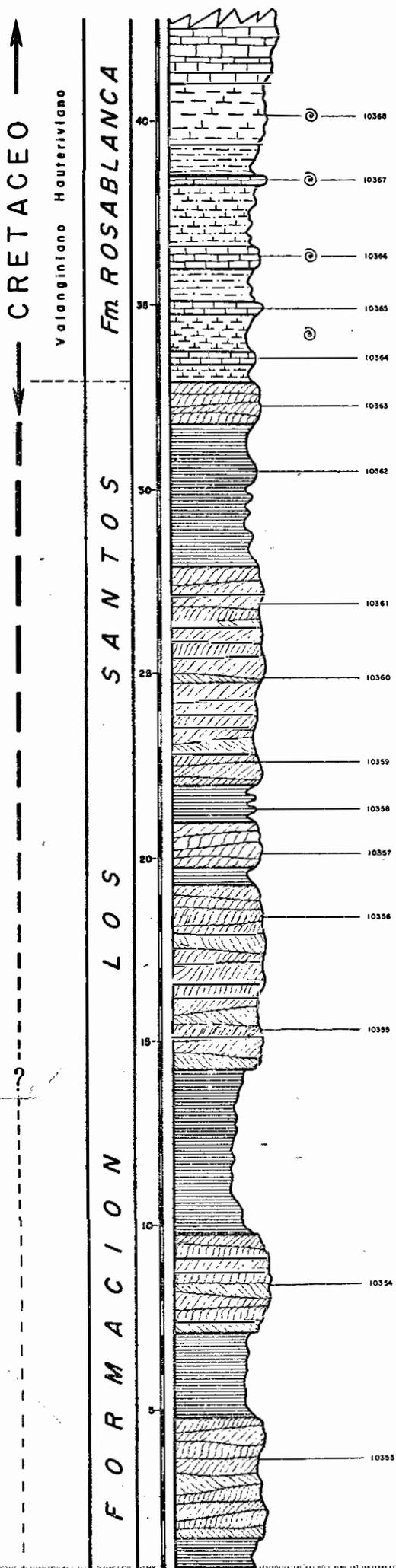


Fig. II.—COLUMNA ESTRATIGRAFICA EN "EL BOQUERON"
 CARRETERA SAN VICENTE-ZAPATOCA (SANTANDER)



ESQUEMA GEOLOGICO DEL PALEOZOICO AL NORTE DE BUCARAMANGA

LAMINA III

- | | | | |
|----|--|---|---------------------|
| 10 | | Cuaternario + Reciente | |
| 9 | | Terrazas | |
| 8 | | Formación Girón (Parte basal) | GRUPO GIRÓN (C) |
| 7 | | Limolita y Areniscas de grano fino rojas. | |
| 6 | | Margas y Shale con areniscas e intercalaciones de calizas | FORMACION BOCAS (A) |
| 5 | | Calizas oscuras | |
| 4 | | Formación Bocas indivisa | |
| 3 | | Formaciones Bocas y Jordan sin diferenciar. | |
| 2 | | Rocas volcánicas | |
| 1 | | Rocas igneas (Granito y Diorita) | |

--- Limite estratigrafico.

..... Limite estratigrafico inferido.

— Discordancia

— Monoclinal.

— Sinclinal

— Anticlinal

— Falla

--- Falla inferida

C — TRIASICO-JURASICO

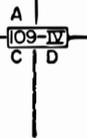
B — ? PERMICO

A — PERMICO (Inferior y Medio)
DEVONICO-CARBONIANO

ESCALA 1:25.000



F. Cediell - Octubre 1966



CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

-
-
-
-
-

A
C D
Distribución de las hojas topograficas a escala 1:25.000

BUCARAMANGA

INVENTARIO MINERO NACIONAL

Dib: A. Ujato L.

REPUBLICA DE COLOMBIA
 MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
 INVENTARIO MINERO NACIONAL
**ESQUEMA GEOLOGICO
 DEL PRE-CRETACEO AL OESTE
 DEL MACIZO DE SANTANDER**

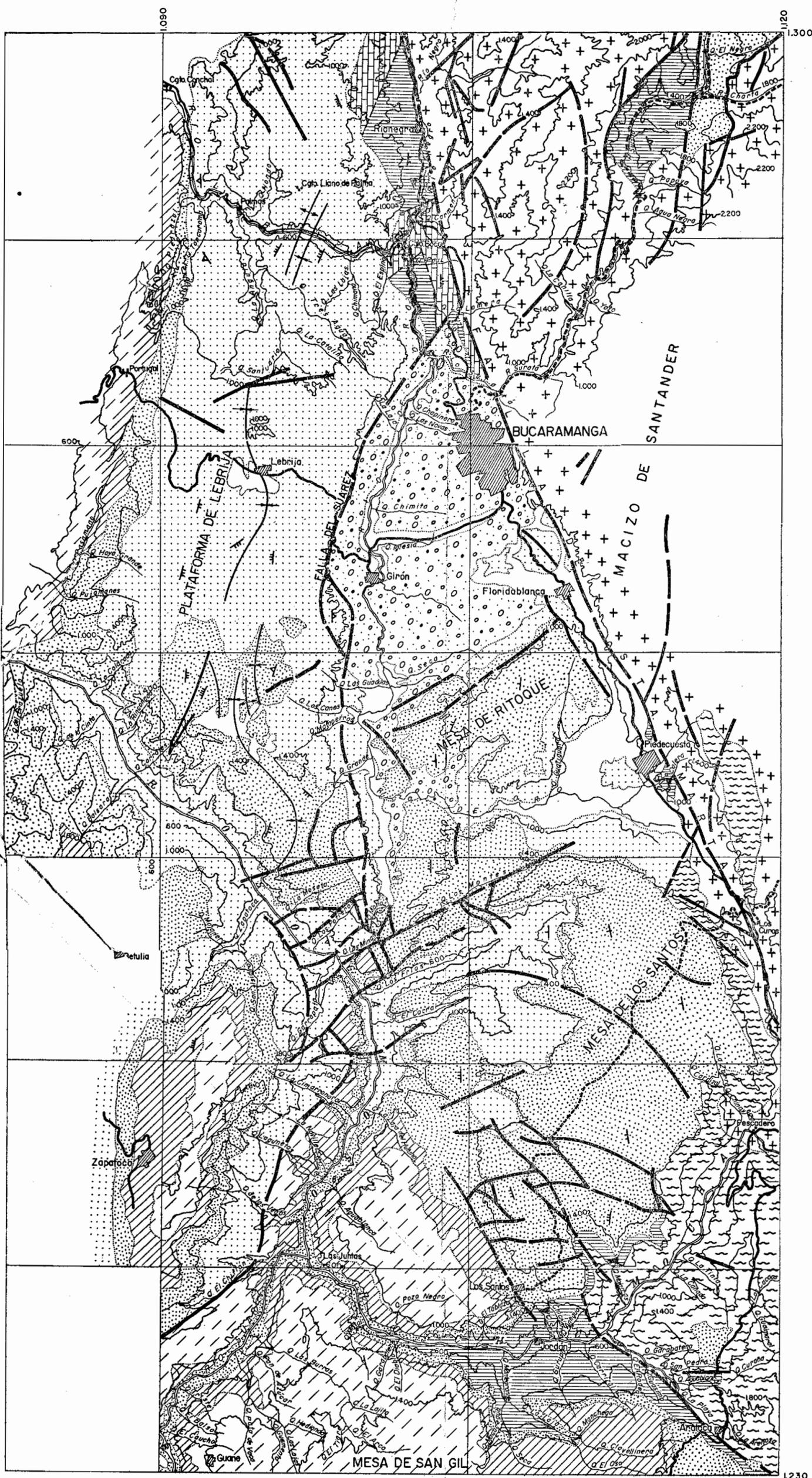
LEYENDA

- | | | |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| CUATERNARIO | | Cuaternario mas Reciente |
| | | Terrazas |
| CRETACEO INFERIOR | | Formaciones Post-Rosablanca |
| | | Formación Rosablanca |
| JURA-TRIASICO | | Formación Los Santos |
| | | Formación Girón |
| ? PERMICO | | Formación Jordán |
| PERMO-CARBONIANO
DEVONICO | | Formación Bocas |
| | | Rocas Metamórficas |
| | | Rocas Volcánicas |
| | | Rocas Igneas |
| | | Límite estratigráfico |
| | | Sinclinal |
| | | Anticlinal |
| | | Falla |
| BUZAMIENTOS | | |
| | | 0° - 30° |
| | | 3° - 10° |
| | | 10° - 25° |
| | | 25° - 45° |
| | | + de 45° |
| | | Carretera pavimentada |
| | | Carretera sin pavimento |
| | | Ferrocarril |

0 1 2 3 4 5 6 Km

GEOLOGIA : — Fabio Cediell
 — Mapa Fotogeológico de Geophoto Serv. Inc. 1:50.000
 — Mapa geológico Planchas 120-IX y 135-II
 Universidad Industrial de Santander 1:50.000

LAMINA II



1120 1230